~~Bf. 65.~~
8 Sc. mil. 43aq

~~13652~~ 1

C 2337 — C. 93. — 13652

Ausführliche Abhandlung der Minirkunst.

Erster theoretischer Theil.

Aufgesetzt
von
Joachim Michael Geuß,
Professor der Mathematik an der Universität zu Kopenhagen.

Kopenhagen,
bey Heinecke und Faber, 1776.

C. 2340.
Deutsche Heeresbücherei Berlin
UNGÜLTIG Kriegsschule München Bücherei
VEREINIGTE ARTILL. U. INGENIEUR SCHULE
Artillerie Bibliotheque
Mit Tafeln eingebunden.
Ga 65/861

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Die Verfertigung neuer Anfangsgründe pflegt auch von den strengsten Richtern dann nicht gemißbilliget zu werden, wenn eine Wissenschaft eine Zeit her durch gründliche Behandlung einzelner Materien so sehr erweitert worden ist, daß die bis dahin gebräuchlichen zu ihrer Absicht, die Wissenschaft in ihrem dermaligen Umfange darzustellen, unbrauchbar geworden. Die Minirkunst befindet sich gewissermaßen in dieser Lage. Sie hat seit geraumer Zeit mit der Artillerie zugleich einen Platz unter den technischen Theilen der angewandten Mathematik gehabt; allein weder hier noch in den eignen Lehrbüchern der Artillerie ist sie bisher in einer Gestalt erschienen, worinn sie sich

ohne Schande neben jener, ihrer Schwester, sehen lassen könnte. Inzwischen ist sie doch nicht ganz vernachläßiget worden; es sind in der That nicht wenige schätzbare Aufsätze darüber, sowohl von Mathematik- als Kriegsverständigen vorhanden, die in ein systematisches Ganzes gebracht, diese Wissenschaft in einer viel vortheilhafteren Gestalt zeigen könnten, wenn gleich auch vor der Hand noch manches zurück bleiben sollte.

Da ich mir in den Anfangsgründen der Minirkunst, wovon hiermit der erste Theil erscheint, diese Absicht zunächst vorgesetzt habe, so dürfte ich mir wohl um deswillen schon eine nicht ungeneigte Aufnahme derselben versprechen: indem es bey dem stets zunehmenden Umfange der Mathematik täglich nöthiger wird, das Wesentliche mehrerer Schriften in wenige Bände zusammen zubringen. Indessen wünschte ich doch, daß man mir in Absicht auf den gegenwärtigen theoretischen Theil etwas mehr, als das Verdienst eines solchen Zusammentragens, zugestehen

wolle,

wolle, wozu nur gesunde Augen und Hände erforderlich sind. Wenigstens glaube ich, daß die von mir zum Grunde gelegte Belidorsche Theorie ohne diejenige Ausführung *), die ich ihr im fünften, sechsten und siebenten Abschnitte zu geben gesucht habe, nie recht brauchbar werden kann, und daß sie es auf dem Wege, den ich genommen habe, gewiß werden wird, sobald er durch die noch fehlenden und von mir in Vorschlag gebrachten Versuche vollkommen gebahnt worden ist. Wie weit es mir hierinn gelungen, das erwarte ich aus dem billigen Urtheil meiner Leser und Recensenten zu erfahren.

Die Hülfsmittel, die ich bey Ausarbeitung dieses ersten Theils genutzt habe und bey dem zweyten nutzen werde, habe ich in einem Anhange getreulich angezeiget.

*) Den ersten Versuch hierzu habe ich in der Abhandlung über die bey Anlegung der Minen nöthige Theorie, Kopenhagen 1774. 8. bekannt gemacht, deren ich hier zu gedenken nicht umhin kann, da ich ihr die Freundschaft des um die Mathematik verdienten Herrn Bergraths Böhm, zu verdanken habe.

So viel ich weis, hat auch der Herr Professor Ypey zu Franecker in den Schriften der holländischen Gesellschaft der Wissenschaften einen Aufsatz über die Minentheorie drucken lassen, der mir aber nicht zu Gesicht gekommen ist. Aus einer Recension *) der Instituzioni fisico-mecaniche, die der durch eine theoretische Artillerie rühmlich bekannte Herr Director D'Antoni zu Turin zum Gebrauch der dasigen Artillerieschule neulich bekannt gemacht, ersehe ich, daß der Verfasser in der Hydrodynamik auch die Minentheorie mitgenommen hat. Da er sie bey der Lehre von der Dicke der Gefäße, die dem Druck des darinn enthaltenen Flüßigen widerstehen sollen, vorträgt, so schließe ich daraus, daß er den Weg eingeschlagen, den ich im Anfange des zweyten Kapitels, im fünften Abschnitte dazu in Vorschlag gebracht, selbst aber nicht betreten habe, weil ich mich lieber auf Versuche stützen wollte. Sollte ich sonst noch irgendwo mit einem dieser gelehrten Männer,

*) Göttingische Anzeigen v. Jahre 1775. St. 143. S. 1231.

ner auf einerley Gedanken gerathen seyn, so wird dieß mehr schmeichelhaft für mich seyn, als mich zur Dankbarkeit gegen sie verpflichten, da ich nicht Gelegenheit gehabt habe, mich ihrer Einsichten zu bedienen.

Der Mangel eigner Versuche und Erfahrungen wird mir hoffentlich von Vernünftigen nicht zu hoch angerechnet werden. Wenn man unter allen denen, die sich mit der angewandten Mathematik beschäftigen und dabey verpflichtet sind, ihre Zeit zwischen der Studirstube und dem Hörsaale zu theilen, den Astronomen und den Optiker ausnimmt, wer ist es denn, der sich in Schriften durchgehends auf eigne Versuche berufen könnte? Und dennoch sind es ja größtentheils solche Männer, wodurch diese Wissenschaft das geworden ist, was sie ist, die sicherste Führerinn in allen Geschäften des nicht ganz rohen | und natürlichen Menschenlebens. Ich meines Theils bin sehr zufrieden gewesen, so viele Versuche zu meinem Gebrauch vorzufinden, als wir wirklich schon haben, und hoffe, daß meine Leser, die sie von mir nicht erwarten konnten, mit mir

es so lange seyn werden, bis jemand, von dem man so etwas erwarten kann, uns beyden hilft.

Wenn endlich einige der Meynung seyn sollten, daß die Minirkunst, die vielleicht von ihnen nur einem Handwerke gleich geachtet wird, keiner eignen Theorie bedürfe, so muß ich sie auf die Tagebücher der Belagerungen verweisen, wo die Beyspiele nicht selten sind, daß die gegen die Belagerten angelegten Minen vielen Hunderten von den Belagerern selbst das Leben gekostet haben, und sie ersuchen, ein sicheres Mittel in Vorschlag zu bringen, wodurch einer solchen unverantwortlichen Aufopferung des kostbaren Menschenlebens Einhalt geschehen könne. Sollte dieß aber, wie zu erwarten steht, durch nichts anderes, als eine zuverläßige Theorie bewirkt werden können, so werden sie hoffentlich meine Bemühungen nicht verunglimpfen, wofür ich mich hinreichend belohnt halte, wenn sie irgend einmal dazu dienen können, einem kriegführenden Staate das Leben eines einzigen Menschen zu erhalten.

Kopenhagen im Merz 1776.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Begriffe von den Minen und der Minirkunst. §. 1 = 18.

Kunstwörter, die bey den Minen der Belagerer vorkommen. §. 1 = 3.

Kunstwörter, die bey den Gegenminen gebräuchlich. §. 4 = 7.

Kunstwörter beym Gebrauch der Minen in der Feldfortification. §. 8 = 12

Gebrauch der Minen. §. 13.

Erklärung der Minirkunst. §. 14. 15.

Eintheilung derselben. §. 16 = 18.

Zweyter Abschnitt.

Von den ersten Minen und den ältesten Versüchen zu einer Minentheorie. §. 19 = 47.

Erfindung der Minen. §. 19 = 27.

Die Tournaischen Versuche, als die Grundlage der ältesten Theorien. §. 28 = 47.

Dritter Abschnitt.

Von verschiedenen auf die Tournaischen Versuche gegründeten Theorien. §. 48-86.

Der Minentrichter wird für einen rechtwinklichten Kegel gehalten §. 48-70. in

Vaubans erster Methode die Minenladungen zu bestimmen. §. 52.

Dessen zweyten Methode. §. 58.

Einer dritten ihm zugeschriebenen. §. 61.

le Febvres. §. 66.

Der Minentrichter wird als abgekürzter Kegel betrachtet, außer Megrigny, von

Belidor. §. 69.

Prudhomme. §. 71.

Der Minentrichter als eine Paraboloide betrachtet §. 72-75. bey einer Tabelle für die Minenladungen von

Valiere. §. 74.

Belidor. §. 75.

Vergleichung der vorigen Methoden mit einander. §. 78-86.

In Absicht auf den Inhalt des Minentrichters. §. 79. 80.

In

In Absicht auf die Menge Pulvers, die auf eine gewisse Erdmasse genommen worden. §. 81-86.

Vierter Abschnitt.

Von einigen neueren Minentheorien, die sich von den vorhergehenden in etwas unterscheiden. §. 88-123.

Belidors Vorschlag, bey der Berechnung der Minen mit auf den Zusammenhang der zu hebenden Erdmasse zu sehen. §. 88-96.

Eine hiernach eingerichtete Tafel zu den Minenladungen. §. 97.

Lehnbergs Erinnerungen hierbey. §. 98.

Was die Minentheorie hierdurch zufälliger Weise gewonnen. §. 102-107.

John Müllers Theorie, die auf die letztern Belidorschen Versuche gegründet ist. §. 108-123.

Fünfter Abschnitt.

Theorie der Wirkungsart des Pulvers in den Minen. §. 124-220.

Erstes

Inhalt.

Erstes Kapitel.

Wirkungsart des in der Erde verschlossenen Pulvers überhaupt. §. 124 - 155.

Einschränkungen, worunter diese Betrachtung angestellt werden muß. §. 126 - 128.

Das Pulver bildet eine kugelförmige Wirkungssphäre. §. 129 - 134.

Einwendungen hierwider werden gehoben. §. 135 - 139.

Experimentale Beweise dieses Satzes. §. 139 - 153.

Erster Versuch zu la Fere 1732 angestellt. §. 140. 141.

Zweyter Versuch zu Bißy 1753. §. 142 - 147.

Dritter Versuch zu Potsdam. 1754. §. 148 - 151.

Vierter Versuch zu Braunschweig, 1770. §. 152.

Ursachen, warum das Pulver tiefer unterwärts wirket, als dessen kürzeste Widerstandslinie lang ist. §. 154. 155.

Zweytes Kapitel.

Größe der Wirkungssphäre. §. 156 - 169.

Ob sie theoretisch zu bestimmen sey. §. 157.

Wie

Wie man sie aus gesprungenen Minen berechnet. §. 159.
Belidors Normalversuche. §. 162.
Verhältniß, worinn die Wirkungssphären verschiedener Pulverladungen mit einander stehen. §. 163.
Berechnete Radien der Wirkungssphären verschiedener Pulverladungen. §. 169.

Drittes Kapitel.

Lage der Wirkungssphäre in Rücksicht auf den Horizont. §. 170-182.
Allgemeine Vorstellung hievon. §. 173.
Folgen daraus. §. 174. 175.
Verschiedene Verhältnisse der kürzesten Widerstandslinie zum Durchmesser des Trichters. §. 176.
Anwendung auf besondere Fälle. §. 178.
Andere Methoden diese Verhältnisse zu bestimmen. §. 179-182.

Viertes Kapitel.

Vertheilung der Pulverkraft auf verschiedene Theile der Wirkungssphäre. §. 183-204.
Worauf sich diese Vertheilung gründet. §. 183.
Verhältniß des kegelförmigen Ausschnitts zur Wirkungssphäre. §. 184. 185.
Verhältniß des Kegels zum Abschnitt. §. 186-188.

Wie

Wie hieraus die Entstehung des Minentrichters zu erklären. §. 189.

Untersuchung der Fälle, wo bey verschiedenen Lagen der Wirkungssphäre Trichter möglich sind. §. 191.

Vertheilung der Pulverkraft auf die Theile der Wirkungssphäre in diesen Fällen. §. 203.

Fünftes Kapitel.

Das Springen einer Mine und die Figur des Trichters. 206 = 220.

Das durch den Horizont von der Wirkungssphäre abgeschnittene Segment wird beym Springen der Mine ersetzet. §. 207.

Unterschied zwischen dem Minenkegel und dem Minentrichter. §. 209.

Vertiefung unter der Kammer. §. 210.

Erweiterung an den Seitenwänden. §. 211.

Was hierbey noch unentschieden bleibt und bleiben kann. §. 212. 213.

Die Höhe der Erdgarbe. §. 214.

Die Weite, worauf die Trümmer umher geworfen werden. §. 216.

Sechster Abschnitt.

Anwendung dieser Theorie. §. 220 = 235.

Wie die Pulverladung in jedem Falle berechnet wird. §. 221 = 224.

Neue

Neue Einrichtung der Tafeln für die Minenladungen nach dieser Theorie. §. 225.

Einige der nöthigen Tabellen, nach Belidors Normalversuchen berechnet. §. 231-234.

Wie selbige noch dann zu gebrauchen, wenn andere Normalversuche gegeben sind. §. 235.

Siebenter Abschnitt.

Von irregulären Wirkungssphären.

§. 237-264.

Ursachen der Abweichung derselben von der Kugelgestalt. §. 236.

Wie man sich die Ungleichartigkeit des Bodens vorstellen könne. §. 240.

Wie hierdurch die Gestalt der Wirkungssphäre zu bestimmen. §. 241-244.

Folgen hieraus für die Practik. §. 245. 246.

Nutzen der Abweichung von den kubischen Pulverkasten. §. 247.

In welcher Absicht Belidor platte Kasten vorgeschlagen. §. 248.

Untersuchung des Erfolgs hievon. §. 251.

Welche Arten von Pulverkasten außer den kubischen mit Vortheil zu brauchen. §. 253.

Bestimmung der hierdurch entstehenden Wirkungssphären. §. 254-258.

Wie

Wie man bey kubischen Pulverkasten länglichte Trichter erhält. §. 259.

Worauf es ankomme, damit zwey zugleich spielende Minen nur Einen Trichter machen. §. 261.

Was zur Vervollkommung der Minirkunst rückständig ist. §. 264.

Anhang.

Nachrichten von Schriften die Minirkunst betreffend. S. 255.

Minir-

Minirkunst.

Theoretischer Theil.

Bayerische Staatsbibliothek

Minirkunst.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Begriffe von den Minen und der Minirkunst.

§. 1.

Wenn im Festungskriege und der Verschanzungskunst von Minen die Rede ist, so versteht man darunter alles unter die Erde gebrachte Schießpulver, das nach der Entzündung die nächste Oberfläche durchbrechen und so in dem Erd- oder Mauerwerk eine Oefnung machen kann. Ist der Ort, wohin das Pulver gelegt wird, über zehn Fuß tief unter der nächsten Oberfläche befindlich, so wird der Name Mine, Mine, schlechtweg beybehalten; ist die Tiefe aber geringer, so wird sie Fladdermine, Fougasse, genannt. Wäre die Mine nicht gegen eine der freyen Luft blosgestellte Oberfläche, sondern in einer andern unterirdischen Höhle, so wird sie Camouflet genannt. Alle diese Benennungen werden sowohl von geladenen als ungeladenen Minen gebraucht; im letztern Fall giebt man ihnen aber lieber den bestimmtern Namen Minenöfen, Fourneaux.

§. 2.

Bedienen sich zwey feindliche Armeen, beym Angriffe und bey Vertheidigung der Festungen, der Minen gegen einander, so heißen die Minen der Belagerer geradeweg Minen, die der Belagerten aber Gegenminen, Contremines. Nach le Febres Bemerkung sollten diese Namen, der Natur der Sache gemäß, grade umgekehrt gebraucht werden, und dieß ist nach dem jetzigen Zustande der Minirkunst ganz richtig, da man die Gegenminen der Belagerten mit Minen angreifen und zerstören muß. Allein sieht man auf die Geschichte der Minen zurück, so ist der Name der Gegenminen in der Natur derselben gegründet, indem man erst auf Gegenminen verfiel, um sich vor den Minen der Belagerer in Sicherheit zu setzen. Die Minen, womit man heutiges Tages die Gegenminen angreift, und insbesondere die dazu vorhandenen Gänge einschmeißt, werden Druckkugeln, Globes de Compression, genannt.

§. 3.

Wenn eine Mine von Seiten der Belagerer angelegt werden soll, so gräbt der Minirer sich entweder grade vor sich hin in eine Brustwehre, einen Wall oder eine Futtermauer ein, und macht also das Minenauge, oder er senkt auch einen viereckigten Brunnen, Schacht, ohngefähr so tief in den horizontalen Boden ab, als er den Boden, die Sohle der Mine, anlegen soll. Er treibt hierauf

auf nach der Seite, wo ihn sein Anführer, der Miniroffîcier, hinweiset, eine längliche Höle, Gang, Strecke, Galerie, bis grade unter den Ort, der durch die Mine gesprengt werden soll. Um den Ofen in der gehörigen Tiefe unter dem zu sprengenden Ort zu legen, muß der Gang oft gesenkt werden, zuweilen, aber seltener, muß man ihn gar anlaufen lassen. Beydes kann geschehen, entweder indem man der Sohle des Ganges bloß eine schräge Lage gegen den Horizont giebt, oder auch indem man in einer gewissen Entfernung stufenweise Absätze darinn macht, und in diesem Falle bekömmt der Gang den Namen einer Kaskade. Hat er endlich den verlangten Ort erreicht, und befindet sich in der gehörigen Tiefe unter demselben, so macht er eine rechtwinklichte Wendung mit dem Gange, und in derselben eine etwas größere Hölung, die Minenkammer, die meistens durch eine Vertiefung des Ganges erhalten wird, setzt das zur Ladung bestimmte Pulver mit dem Pulverkasten, Coffre, hinein, verschließt die Kammer und verdämmet den Gang auf eine gewisse Distanz, den Minenhals, sehr sorgfältig. Um aber das so vergrabene Pulver auch anzünden zu können, führt er aus der Mitte der Kammer durch den Gang bis an den Schacht, oder an das Minenauge oder noch weiter, wenn es nöthig ist, einen mit Pulver gefüllten Schlauch, die Zündwurst, Saucisson, den er in einer hölzernen Rinne, dem Leitkasten, Auget, vor Feuchtigkeit, und dem Zerdrücken oder Zertreten verwahret. Die Stel-

le, wo die Zündwurst aufhöret und wo also der Minenofen angezündet werden soll, welches entweder mit einer bloßen Lunte, oder mit einem Leitfeuer oder mit dem sogenannten Mönche, le Moine, geschieht, wird der Minenheerd, Foyer, Lumiere, genannt.

§. 4.

Zu den Gegenminen werden die Gänge gewöhnlich mit der Festung zugleich, zuweilen aber auch erst kurz vor einer zu befürchtenden Belagerung angelegt. Daß ihre Einrichtung sehr verschieden sey, folgt schon allein hieraus, und wird überdem noch durch mehr andere Umstände bestimmt. Ich will kürzlich eine der vollständigsten Anlagen der Gegenminen beschreiben, und hiernächst anzeigen, wie viel nach der Beschaffenheit der Umstände hiervon wegbleiben kann. Bey einem vollständig contreminirten Orte werden drey Hauptgänge unter den Festungswerken angelegt. Der erste unter dem Hauptwalle, mehr oder weniger nahe an der Futtermauer, welcher der Magistralgang, Galerie magistrale, genennt wird, weil er der Linie gleiches Namens folget; der zweyte unter dem bedeckten Wege, meistens dicht an der bekleideten Contrescarpe, die alsdenn mit Schießlöchern durchbrochen wird, zuweilen aber auch unter dem Kamm des Glacis, der Mordgang, Galerie meurtriere, Galerie de premiere Enveloppe, genannt; endlich der dritte, der Einfassungsgang, Galerie d'Enveloppe, da wo das Glacis sich ins Feld verlieret. Zwischen diesen Haupt-

Hauptgängen legt man so viele Zwischengänge, Galeries de Communication, an, als zur Erhaltung der Gemeinschaft unentbehrlich sind; doch mehrere zwischen dem zweyten und dritten, als zwischen dem ersten und zweyten. In den Bollwerken selbst und in den Ravelinen werden nach der Richtung der Kapitallinien noch andere Gänge, Kapitalgänge, angelegt, welche wiederum von einem oder mehr Queergängen rechtwinklicht durchschnitten werden, und die sämtlich von dem Magistralgange ganz abgesondert bleiben müssen, damit der Verlust dieses Ganges ihren Verlust nicht nach sich ziehe.

§. 5.

Von dem Einfassungsgange aus werden die Horchgänge, Galeries d'Ecoute, etwa eben so lang, als das Glacis breit ist, oder noch länger ins Feld hinein geführt, welche sich mit Brunnen endigen, damit man während einer Belagerung aus denselben noch weiter vorwärts in verschiedener Tiefe kleine Gänge, Zweige, Rameaux, treiben könne. Eben dergleichen Zweige werden auch, falls sie erforderlich sind, seitwärts von den Horchgängen, und vorwärts von dem Einfassungsgange und dem Mordgange geführt, an deren Enden denn die jedesmal erforderliche Mine angelegt wird. Ueberhaupt werden diese Zweige, die man während der Belagerung erst erbaut, nur mit Zimmerholz ausgefüttert und unterstützt, dahingegen diejenigen, die schon vorher da sind, mit Mauerwerk ausgefüttert und mit Gewölbern unter-

stützt werden. Damit man aber bey Anlegung eines Zweiges nicht erst nöthig habe, den gemauerten Gang zu durchbrechen, werden die erforderlichen Thüren schon bey der Erbauung des Ganges selbst angelegt, und vor der Hand nur mit einer einen Stein dicken Mauer ausgefüllt, welche man Thürblinden, amorce, lacune, nennt. Wenn endlich mehrere Horchgänge dergestalt an einander stoßen, daß sie einen gewissen Raum rund umher einschließen, so daß man den Feind während der Zeit, daß er sich über demselben befindet, von vorne, in dem Rücken und von den Seiten angreifen kann, so nennt man dieß eine Pfaffenmütze, Bonnet à prêtre.

§. 6.

Von den bisher genannten Gängen fehlt an den mehrsten contreminirten Festungen am häufigsten der Einfassungsgang, der dennoch fast der wichtigste ist. Die Gegenminen zeigen nämlich ihren größten Nutzen darinn, daß sie den Belagerer lange von dem Glacis abhalten, und dieß können sie nur leisten, wenn sie in einer beträchtlichen Entfernung vorwärts ins Feld getrieben werden. Die Horchgänge, die man in Ermangelung des Einfassungsganges von dem Mordgange aus führt, können dieß nicht thun, da man sie gewöhnlich nur bis ans Ende des Glacis führt; und wollte man sie auch weiter vorwärts treiben, so würde ihnen doch Zusammenhang und Unterstützung fehlen. Außer dem Einfassungsgange läßt man auch an manchen Festungen den Magistralgang

gang weg, da man denn diesen Namen dem nur allein übrigbleibenden Mordgange, wiewohl mit Unrecht, beyleget. Endlich findet man auch contreminirte Festungen, wo alle Hauptgänge fehlen, und wo man nur, etwa auf den ausspringenden Winkeln des Glacis und an einigen andern Stellen von der Contrescarpe aus Horchgänge anleget. Es versteht sich hierbey von selbst, daß in jedem dieser Fälle diejenigen Nebengänge fehlen, die durch den Mangel eines oder mehrer Hauptgänge überflüßig werden.

§. 7.

In den Gängen selbst werden noch verschiedene Vorrichtungen angebracht, wovon einige zur Vertheidigung, andere zur Bequemlichkeit dienen. Zu den ersten gehören die Abschnitte, Retraites, oder die Queermauern in den Gängen, die mit starken Thüren versehen werden, worinn Schießlöcher angebracht sind, damit der Minirer sich beym Eindringen des feindlichen Minirers dahinter ziehen, und sodann noch einen Theil des Ganges vertheidigen könne, unterdessen daß der übrige schon verlohren ist. Bringt man dergleichen Abschnitte auch da an, wo vier oder mehr Gänge zusammenstoßen, so erhält man ein ordentliches Werk von so viel Seiten, als Gänge zusammenstoßen, welche man der Aehnlichkeit mit oberirdischen Werken wegen Redouten, Redoute, Guerite, zu nennen pflegt. Zur Bequemlichkeit dienen die Magazine des Geräths und der Materialien,

rialien, welche man auch da anzubringen sucht, wo die Gänge sich kreuzen. Um ferner die Gänge trocken zu erhalten, legt man durchgehends Gossen an, wodurch das Wasser in den Graben geleitet wird. Da dieß aber in dem Falle nicht möglich ist, wo die Gänge gegen das Feld abhängig sind, so leitet man sie in Brunnen, wo das Wasser sich sammelt und in die Erde ziehet. Will dieß nicht angehen, so muß man die vorhin erwähnte Abhängigkeit der Gänge gegen den Graben wieder herzustellen suchen, oder auch auf andere Mittel bedacht seyn. Um endlich Luftwechsel in den Gängen zu erhalten, führt man über dieselben hin und wieder gemauerte Röhren, wie Schorsteine auf, welche die Erdoberfläche erreichen, und wider das Eindringen des Regens mit einem Dache versehen sind.

§. 8.

In der Feldfortification und bey Festungen mit Wassergräben pflegt man auch eine Art Minen oder Fladderminen zu brauchen, die gar keine Gänge erfordern, die aber kurz vorher, ehe sie gebraucht werden sollen, angelegt werden müssen, weil das Pulver sonst in denselben naß werden würde. An dem Orte, wo man eine Gegenmine nöthig findet, treibt man einen Schacht, so tief, als man die Mine anlegen will, oder als es des Wasserhorizonts wegen thunlich ist. Auf dem Boden desselben legt man seitwärts eine Minenkammer an, setzt die Ladung mit dem Pulverkasten hinein, bringt die zum Anzünden der Mine erfor-

erforderliche Vorrichtung an, füllt den Schacht wieder aus, und verdeckt die Stelle, wo man gegraben hat, sorgfältig mit Rasen, so ist die Mine fertig. Damit man sie aber in der gehörigen Entfernung anzünden könne, führt man die Zündwurst etwa einen Fuß tief unter der Erdfläche mit dem Leitkasten bis an den Ort fort, den man mit Sicherheit zum Herd wählen kann. Eine solche Mine pflegt man einen Brunnen, puit, zu nennen.

§. 9.

Da man oft genöthiget ist, an einem scharf angegriffenem Orte mehrere Minen neben einander springen zu lassen, so legt man zur Ersparung der Arbeit und Kosten an dem Ende eines und desselbigen Ganges, statt Einer Kammer, Mine directe, mehrere an, Mine feuillé, und ladet sie alle auf einmal, welches um so nöthiger ist, da der Gang durch das Springen einer Mine schon unbrauchbar wird. Zwey Minenkammern, die so an einem gemeinschaftlichen Gange angebracht werden, nennen die Minirer das T, Mine double ou figurée en T, und drey das Kleeblatt, Mine triple ou treflée. Es ist einleuchtend, daß sie, im Fall sie besonders springen sollen, eine beträchtliche Entfernung haben müssen, und daß auf die mehreren durch einen und denselbigen Gang zu führenden Zündröhren eine besondere Aufmerksamkeit gewandt werden muß, damit nicht die eine die andere wider die Absicht des Minirers anzünde. Oefter erfordern die Umstände es aber,

daß

daß man solche Minen auf einmal springen lasse, und dann fällt zwar die vorige Bemerkung weg, indem man längst dem Gange nur eine Zündröhre bedarf, allein dahingegen hat man wieder darauf zu sehen, daß keine Kammer eher in Brand gerathe, als die andere. Um deswillen muß man also die Zündröhre der Kammer, die dem Gange, wodurch die Zündröhre ungetheilt geführt wurde, am nächsten liegt, im Zickzacke führen, damit sie mit der entferntesten gleiche Länge erhalte. Dieß nennen die Minirer das Abpassen des Feuers, Compassement du feu.

§. 10.

Wenn das Pulver in einer Mine angezündet ist, und die Mine also spielt oder springet, joue, so zeigen sich auf der Oberfläche entweder nur einige Ritzen, oder es entsteht eine Oefnung. Im ersten Fall ist die Mine entweder zu schwach geladen, oder auch der Minenhals nicht fest genug verdämmt worden, so daß die Pulverkraft dadurch entwischt ist, la Mine soufle dans la Galerie; dahingegen ist sie im letzten Fall gehörig geladen gewesen. Werden die Trümmer der springenden Mine über funfzig Toisen umher geworfen, so sagt man, die Mine sey überladen. Sowohl die überladene, als die zu schwach geladene Mine werden von den practischen Miniers für fehlerhaft erklärt: mit welchem Rechte, werde ich unten zeigen.

§. 11.

Die Oefnung, die bey einer gehörig geladenen Mine in der Oberfläche durch den büschelsörmigen Auswurf der Erdgarbe, gerbe de feu, entsteht, wird der Minentrichter, Excavation, Entonnoir, genannt. Die Gestalt dieses Trichters ist allemal kegelförmig, oder so, daß der Umfang desselben auf der Oberfläche weiter ist, als um die Kammer. Um sich von der Größe desselben eine Vorstellung machen zu können, muß man den größten Durchmesser oder den Durchmesser des Cirkels in der durchbrochenen Erdfläche, den kleinsten Durchmesser, oder denjenigen, der durch den Mittelpunkt der Kammer geht, und endlich die Linie kennen, welche die Mittelpunkte jener beyden parallelen Cirkel mit einander verbindet, und folglich auf dem Cirkel der Grundfläche senkrecht stehet. Diese Linie, welche die kürzeste Widerstandslinie, ligne de moindre resistance, genannt wird, kann man auch schon bey einer noch nicht gesprungenen Mine betrachten, wenn man sich aus dem Mittelpunkt der Kammer eine perpendikulare auf die nächste Oberfläche gedenkt. Ist diese Oberfläche zugleich der wahre Horizont, so wird die kürzeste Widerstandslinie auch auf diesem senkrecht stehen, und da die Wirkung der Mine nach der Richtung dieser Linie geschieht, so wird sie grade aufwärts wirken. Im entgegengesetzten Falle, wenn nämlich die kürzeste Widerstandslinie mit der Horizontallinie einen Winkel macht, hat man eine seit-

wärts-

wärtswirkende Mine. Diese Art Minen findet bey Festungen fast nur allein statt, indem die Böschung der Wälle sehr viel, und die Abdachung des Glacis doch noch immer etwas von der Horizontalfläche abweichet. Inzwischen werden doch die Minen in den Wällen nur für seitwärtswirkende, die auf dem Glacis aber für grade aufwärtswirkende gehalten.

§. 12.

Bey der letzten Art Minen ist es natürlich, daß die um die kürzeste Widerstandslinie zunächst gelegene Erde fast senkrecht gehoben, und nicht, wie die mehr seitwärtsgelegene, rund umher geworfen wird, sondern wieder in den Trichter herab fällt. Diese lose Erde, die von dem Minirer die tolle Erde, terre folle, genannt wird, macht es, daß ein solcher Trichter nicht viel tiefer zu seyn scheint, als die kürzeste Widerstandslinie lang ist. Allein räumt man sie weg, so entdeckt man nicht allein eine größere Tiefe, sondern auch eine ganz andere Gestalt des Trichters. Es ist nämlich bekannt, daß lose Erde in einer trichterförmigen Grube eine kegelförmige Gestalt annimmt. Diese sieht man also auch nur in dem scheinbaren Trichter, dahingegen der wahre Trichter ganz anders aussieht. Er muß nämlich nicht nur um so viel tiefer seyn, als die Kammer noch unter der kürzesten Widerstandslinie Tiefe hatte, sondern es ist auch natürlich, daß das Pulver seitwärts um und unter die Kammer etwas weggeräumet hat, und alles dieses macht denn, daß die scheinbare Gestalt des

Trich-

Trichters von der wahren beträchtlich abweicht. Was für eine Gestalt dieser aber eigentlich habe, darüber sind verschiedene Meynungen entstanden, wovon am gehörigen Ort die Rede seyn wird.

§. 13.

Die Absichten, die man beym Gebrauch der Minen hat, sind sehr mannigfaltig. Bald will man sich dadurch bey einer Belagerung ein Logement auf dem Glacis verschaffen, bald sich einen geräumigen Eingang in die Face eines Haupt- oder Aussenwerks machen, bald ein oder anderes Werk, was sich sonst nicht erobern läßt, dadurch zerstören. Die Gegenminen der Belagerten haben, so wie die ganze Vertheidigung einer Festung heutiges Tages, zur Absicht, den Belagerer im Vorwärtsrücken gegen den bedeckten Weg, so lange als möglich ist, aufzuhalten, da der Verlust desselben meistens die Uebergabe der Festung zur Folge hat. Bey dieser Hauptabsicht findet aber auch noch die Nebenabsicht statt, daß man die Logemente und Werke des Feindes noch bis auf den letzten Augenblick zu zerstören sucht. Die Absichten der Druckkugeln erhellen aus ihrem Namen und aus der davon gegebenen Erklärung; aus dem Gebrauche aber, den man ein oder höchstens zweymal von ihnen gemacht hat, erhellt so viel, daß sie noch mancher Verbesserung bedürfen, wenn die Gegenminen nicht ihr bisheriges Uebergewicht über alle Angriffe behalten sollen. Durch Fladderminen und Brunnen sucht man hauptsächlich den im

Sturm anrückenden Truppen Schrecken einzujagen, wozu sie um so vielmehr geschickt sind, da sie dem Feinde eben kein bequemes Logement verschaffen, und dennoch den Soldaten in der gewöhnlichen Furcht vor Minen erhalten. Eben daher werden sie auch vorzüglich in der Feldfortification gebraucht, wo alle Verschanzungen durch Sturm erobert werden müssen.

§. 14.

Aus dem bisher ertheilten allgemeinen Begriffen von den Minen sieht man nun ohngefähr, worauf es bey der Anlegung und dem Gebrauch derselben ankomme. Die Wissenschaft, die dieses nach Gründen lehret, wird die Minenbaukunst, Minirkunst, Science des Mines, genannt. Da die Anwendung der Minen hauptsächlich im Festungskriege vorkömmt, so ist die Minirkunst auch diesem Theile der Kriegswissenschaft untergeordnet. Allein so sehr sie auch immer Nebenwissenschaft zu seyn scheinet, so ist sie nichts desto weniger wichtig genug, um als eine Hauptwissenschaft besonders abgehandelt zu werden. Die Vertheidigung der Festungen und die Gewißheit in Eroberung derselben hängt bey dem itzigen Zustande des Festungskrieges ganz allein von ihr ab. In diesem Geständnisse zum Ruhme der Minen, sind alle Kriegsverständige neuerer Zeit mit einander einig; und wie viel folgt hieraus nicht für die Wichtigkeit dieser Wissenschaft, zumal da auf Festungen die Sicherheit ganzer Staaten beruhet.

Aus Besorgniß, ein verdächtiger Lobredner der Wissenschaft zu werden, die ich abzuhandeln gedenke, setze ich nichts weiter hinzu, zumal da ich annehmen darf, daß diejenigen, die meine Leser seyn werden, schon von der Wichtigkeit der Wissenschaft keine geringere Gedanken hegen, als ich.

§. 15.

Inzwischen sieht es im Vergleich mit dieser Wichtigkeit der Minen um die Kunst nur sehr mäßig aus. Von dem Anführer bey den vornehmsten Arbeiten in einer Belagerung, dem Ingenieur, kann man eigentlich keine detaillirte Kenntniß derselben verlangen, und verlangt sie auch wirklich nicht. Man hat die Minirkunst vielmehr mit der Artillerie verbunden; und zwar aus dem Grunde, daß beyde, der Artillerist und Minirer, sich zu den Wirkungen, die sie hervorbringen sollen, einer und derselben bewegenden Kraft, nämlich des Pulvers, bedienen: freylich ein mehr scheinbarer, als wahrer Grund, da die Geschäfte des Minirers und Artilleristen übrigens so sehr von einander verschieden sind. Doch dieß mag immer seyn, wie man es haben will; da solche Verbindungen auch gerne ohne wichtige Ursachen, bloß nach Willkühr und dem Herkommen gemäß, statt finden können. Allein wer es auch immer ist, der sich mit der Minenwissenschaft abzugeben hat, so werden ihm Schwierigkeiten aufstossen, wenn er sich gehörig damit bekannt machen will. Durch Uebung allein läßt sich nicht viel ausrichten, da die Gelegenheit dazu in

Friedenszeiten selten ist, und die wirkliche Anwendung der Minen durch so viele Nebenumstände bestimmt wird, daß die dadurch erworbene Kenntniß nur noch immer einseitig und mangelhaft bleiben muß. Der schriftliche Unterricht, der diesen Mangel ersetzen sollte, ist aber nicht wenigern Schwierigkeiten unterworfen. Es fehlt überhaupt an vollständigen Anweisungen, und die vorhandenen weichen so sehr von einander ab, daß sie den Lehrbegierigen, statt zu unterrichten, nur verwirren. Aus diesem Grunde müßte also eine ausführliche Abhandlung über diese Kunst, worinn der zerstreute Unterricht gesammelt wäre, schon willkommen seyn. Noch mehr aber wird sie es seyn, wenn darinn zugleich der theoretische Theil derselben so abgehandelt wird, daß die Anwendung der Minen dadurch erleichtert oder auch erweitert werden könnte.

§. 16.

Uebersieht man das, was zur Minenbaukunst gehört, flüchtig, so scheint es, daß sich alles unter folgende zwey Abtheilungen, die Anlegung und die Anwendung der Minen bringen lasse. Dem zu Folge würde denn also eine Anweisung zur Führung der Gänge, zur Errichtung der Kammern, zum Laden und zu den beym Sprengen nöthigen Vorsichten, nebst einer Anzeige der Oerter an einer Festung, wo man nach der jedesmaligen Absicht Minen anzulegen und springen zu lassen habe, etwa das Hauptsächlichste seyn, was hier abzuhandeln wäre. Allein einem solchen Vortrage, würde es

in

in der That an demjenigen fehlen, wovon alles durchgehends in der ganzen Wissenschaft abhängt. Ohne Begriffe von der Wirkungsart des Pulvers überhaupt, und insbesondere, wenn es in der Erde verschlossen ist, von der Größe dieser Wirkung, von der Art, wie sie sich auf der Oberfläche, nach Verschiedenheit der Menge des dazu angewandten Pulvers zeiget, und von dem Erfolg einer gesprungenen Mine wird man bey Anlegung derselben im Finstern tappen; und ohne sie würde der gemeine Minirer, der die Handgriffe der Arbeit durch etwas Erfahrung gelernt hat, alles ohne Anweisung und ohne Zuthun eines Anführers verrichten können. Die besagten Betrachtungen dahingegen, worauf sich nachmals die Größe der Pulverladung in jedem vorkommenden Fall gründet, geben erst, nebst einer gehörigen Kenntniß der Schwäche und Stärke jeder Art Festungen, den Arbeiten des gemeinen Minirers ihre gehörige Richtung und Bestimmung. Sie leuchten ihm so vor, wie eine vernünftige Theorie bey einer jeden practischen Arbeit vorleuchten muß, und ich werde also den besagten beyden Haupttheilen der Minirkunst diesen dritten unter dem Namen der Minentheorie voranzuschicken haben.

§. 17.

Sonach enthält die Minirkunst also die drey Hauptstücke, die Theorie, die Anlegung und die Anwendung der Minen. Die beyden ersten zusammen genommen machen den mechanischen, und das dritte den militärischen Theil der Kunst aus. In

einem andern Betracht kann man aber auch das erste den theoretischen, und die beyden übrigen zusammen genommen den practischen Theil der Minirkunst nennen.

§. 18.

Durchgehends habe ich es mir zur Pflicht gemacht, alles was meines Wissens von jeder Materie in Büchern oder andern mir zu Gesicht gekommenen Aufsätzen anzutreffen ist, beyzubringen. Ich halte es für nöthig, dieß hier anzuzeigen, um Vorwürfe, die mir gemacht werden könnten, abzulenken. Es ist nämlich sehr natürlich, daß ich, diesem Vorsatze gemäß, oft Gedanken anderer vortragen muß, die schon wieder verworfen sind, und die ich selbst verwerfe. Diese, wird man sagen, hätte ich weglassen können. Allein mich dünkt bemerkt zu haben, daß man in den Materien, die ich hier abhandle, so wie in andern damit verwandten, oft mehr auf alte, als neue Ideen hält, und daß man nur gar zu oft für die Meinungen und das Verfahren der vorigen Jahrhunderte enthusiastisch eingenommen ist. Dieß Vorurtheil hoffe ich aber durch meine Art des Vortrages zu heben. Die älteren Meinungen werden, neben den richtigern Grundsätzen sowohl in der Theorie, als in der Anwendung der Minen gestellt, in ihrer Blöße erscheinen: und hoffentlich wird man alsdenn jene gegen diese aufgeben und vertauschen. Ueberdem muß ich gestehen, daß die festen Gründe hier noch nicht allenthalben so beschaffen sind, daß man gradeweg darauf hin

bau-

bauen könnte, ohne sich nach andern Sätzen, die vielleicht davon abweichen, umzusehen. Es wird daher auch vor der Hand noch das sicherste seyn, einen jeden zu hören, seine Gedanken zu prüfen, und sodann sie entweder anzunehmen oder zu verwerfen.

Zweyter Abschnitt.

Von den ersten Minen überhaupt und insbesondere von den ersten Versuchen zu einer Minentheorie.

§. 19.

Nimmt man an, wie es doch sehr wahrscheinlich ist, daß der Gebrauch der Römer, die Mauern einer belagerten Festung zu untergraben und zu unterstützen, nachher aber durch Verbrennung der Unterstützung einzustürzen, den Kriegern des funfzehnten Jahrhunderts nicht unbekannt gewesen, so scheint es sehr natürlich, daß sie, die die Kraft des Pulvers aus seinen Wirkungen schon seit einem Jahrhunderte kannten, auf den Gedanken fallen mußten, eine solche Grube mit Pulver anzufüllen, und die Mauern, anstatt sie einzustürzen, in die Luft zu sprengen *). Von neu erfundenen Werkzeu-

*) Calvör berichtet in den historischen Nachrichten von Unter- und Oberharzischen Bergwerken §. 49. daß im 13ten Jahrhunderte rammelsbergische Berg-

zeugen macht man sich eher zu große, als zu geringe Begriffe: und man konnte also wohl kein Mistrauen in das Vermögen des Pulvers setzen. Ueberdem konnte die Ersparung der Kosten bey einer so kleinen Aushölung, als die Anlegung der Minen im Vergleich mit der zum Einsturz nöthigen erfordert, schon einen kräftigen Beweggrund zur Ergreifung dieser Methode angeben; und wenn endlich die Erdwürfe damals schon bekannt waren, so war der Uebergang hievon zu den Minen noch leichter. Doch vielleicht geht es mir hier, wie den Tadlern des Kolumbus: Es ist bey der Geschichte einer Erfindung ja überdem nicht die Frage, wie leicht sie zu machen war, sondern wer sie gemacht habe. Und diese Ehre gebührt einem spanischen General, dem Piedro Navarro.

§. 20.

Das Historische von der Erfindung und dem ersten Gebrauch der Minen ist von allen Schriftstellern über die Minirkunst so oft gesagt, und durch oftmaliges Wiederholen so verstümmelt worden, daß man nicht mehr weiß, woran man sich zu halten hat, wenn man Folard, le Blond, Villeneuve,

Bergleute gebraucht worden sind, um ein festes Bergschloß zu untergraben und durch Feuersetzen einzustürzen. Man sieht also auch hieraus, daß es im 15ten Jahrhundert nach Erfindung des Schießpulvers so schwer nicht war, zu dem Gebrauch der Minen überzugehen.

ve, Müller und wer weiß wen noch mehr, den einen dieß und den andern jenes erzehlen hört, da doch die letztern vermuthlich nur den Folard abgeschrieben haben und also alle eins und dasselbige sagen wollten. So wenig ich nun auch geneigt bin, mich in eine eigene Untersuchung deßfalls einzulassen, so wenig habe ich Lust, das oft Wiederholte nochmals zu wiederholen. Ich glaube daher, daß folgende Erzählung von dieser Erfindung aus dem Guicciardini statt aller anderen dienen kann, da sie wahrscheinlicher Weise die Quelle zu der ersten Folardischen ist, und da Guicciardini überhaupt als Geschichtschreiber glaubwürdig ist.

§. 21.

Indem Guicciardini *) die Geschichte des Krieges erzehlt, worin Spanien das Königreich Neapel von den Franzosen eroberte, und hierbey insbesondere im Jahr 1503 die Einnahme der Hauptstadt dieses Reichs beschreibt, erwähnt er des Gebrauchs der Minen und versichert zugleich, daß selbige hier zuerst angewendet wären. Der spanische Anführer, Consalvo, hatte eben den Thurm von San-Vincentio in Neapolis zur Uebergabe gezwungen, und fieng nun an, das Castelnuovo zu beschießen. Er pflanzte zu dem Ende einen Theil seiner Artillerie

*) La historia d'Italia di M. Francesco Guicciardini, gentilhuomo Fiorentino, di nuovo riveduta et corretta per Francesco Sansovino. 1636. 4. S. 307. 308.

an dem Fuße des Berges San-Martino, einen andern auf dem Thurm von San-Vincentio, unterdessen, daß Piedro Navarro, der wie es scheint den Angrif an dieser Seite unter ihm commandirte, sich durch unterirdische Gänge den Mauern des Castels näherte, um selbige in die Luft zu sprengen. Diese Arbeit gelung so wohl, daß man eine ansehnliche Bresche in der Mauer erhielte. Die spanische Infanterie, die zum Sturm bereit stand, drang theils durch diese Bresche, theils durch Ersteigen der nunmehr von Vertheidigern entblößten Mauer in das Castel ein. Die Besatzung zog sich nunmehr in das innere Schloß des Castels (nell rivellino) und Consalvo selbst glaubte, daß er dieß nicht anders, als durch die beym Castel angewandten Mittel würde erobern können. Allein seine Truppen drangen in der Hitze des Stürmens mit in das Schloß ein, und die Franzosen wurden genöthiget, sich in weniger als einer halben Stunde auf Discretion zu ergeben.

§. 22.

Um nach dieser Belagerung, deren glücklichen Ausfall man allein den Minen zu danken hatte, mit der Eroberung des übrigen Theils des Königreichs nicht zu säumen, marschirte Consalvo selbst mit einem Theil der Armee nach Gaeta, mit einem andern detaschirte er den Prospero Colonna nach Abruzzi, und den übrigen ließ er unter dem Piedro Navarro zur Belagerung des von Franzosen noch besetzten Castel dell' Vouo (heutiges Tages dell'

Ovo

Odo genannt) zurück. Da dieß Castel, wie bekannt, auf einer schmalen Erdzunge liegt, so schickten die Franzosen sich hauptsächlich nur zur Vertheidigung derselben an. Allein Piedro Navarro machte den Angrif von einer ganz andern Seite. Er näherte sich nämlich mit bedeckten Fahrzeugen den Mauern des Castels, brachte hier, ohne daß die Franzosen es gewahr wurden, seine Erfindung, die Minen, an, und eroberte hiemit auch den Ort der Hauptstadt, der den Franzosen noch bis daher übrig geblieben war.

§. 23.

Diese neue Art des Angrifs hatte Piedro Navarro, wie Guicciardini hinzusetzt, kennen gelernt, da er sich als Gemeiner unter den genuesischen Truppen in der Belagerung des Bergschloßes (rocca) Serezzanello 1487 befand. Hier brauchte man nämlich zu allererst die Minen. Allein da man in Führung der Minengänge etwas versehen hatte, so daß die Kammer nicht grade unter die Mauer zu liegen gekommen war, so entstand eine Bresche, die zum Sturm nicht groß genug war. Serezzanello wurde nicht erobert, und man bediente sich der Minen nicht weiter.

§. 24.

Der Ruhm der Erfindung bleibt also meines Bedünkens dem Piedro Navarro. Er hatte zwar zuvor von genuesischen Officiers Minen bauen sehn, allein man kann doch nicht sagen, daß er etwas

mehr als die bloße Möglichkeit eines solchen Unternehmens hatte kennen gelernt. Ich glaube nämlich nicht, daß man in Erfindungen, die nicht bloß ausgedacht, sondern bewerkstelliget seyn wollen, denjenigen für den wahren Urheber ansehen kann, der die Idee davon einmal gehabt, sondern vielmehr den, der ihre wirkliche Brauchbarkeit durch ernsthafte Proben an den Tag gelegt hat. Und dieß war in Absicht auf die Minen niemand anders, als Piedro Navarro. Valiere nennt zwar noch einen gewissen neapolitanischen Architect, den Francisco Giorgio, der ihm mit Rath und That hiebey an die Hand gegangen seyn sollte. Allein da er seinen Gewährsmann desfalls nicht nennt, und ich mich bloß an den Guicciardini halte, so kann ich nicht entscheiden, wie viel hiervon wahr sey, oder nicht. Ueberhaupt aber scheinen die meisten Nachrichten von den ersten Minen sehr unzuverläßig zu seyn, da man nicht einmal den Ort, wo sie zuerst mit erwünschtem Erfolg gebraucht sind, recht angiebt. Denn das Castel dell' Ovo, das man dafür ausgiebt, war es nicht.

§. 25.

Von den Lebensumständen des Piedro Navarro meldet Guicciardini nichts weiter, als das bereits angeführte, nämlich daß er sechzehn Jahre zuvor unter dem Fußvolk der Genueser als Gemeiner gedient hatte. Nach der Eroberung von Neapolis, wobey er sich so viel Ruhm erworben hatte, diente er in den folgenden Feldzügen mit nicht geringerm

ringerm Beyfall. Allein die glänzende Laufbahn dieses Mannes hatte mit der Schlacht bey Ravenna 1512 den 11ten April auf einmal ein Ende. Er wurde hierbey zum Kriegsgefangenen gemacht, man legte ihm den Verlust der Spanier größtentheils zur Last, und versagte ihm das Lösegeld von 20000 Ducaten, das er für seine Freyheit erlegen sollte. Nach dem Tode des Königs Friedrich bot der junge König Franciscus ihm zwar diese Summe an, weil er ihn in seinen Diensten brauchen wollte. Allein Piedro Navarro verbat sich die Ranzionirung, entweder weil er schon in französische Dienste getreten war, oder auch um im Alter der Ruhe zu geniessen.

§. 26.

Zum Ruhm des Erfinders der Minen muß ich noch aus dem Guicciardini anführen, daß man in den nächsten zwanzig Jahren nach Eroberung von Neapolis sich in Italien verschiedentlich der Minen bedient habe, theils um damit Bresche zu legen, theils um die Breschen zu erweitern. Aber nirgends mit dem Erfolg, womit Piedro Navarro sie angewandt hatte. Dem Geschichtschreiber zu Folge schob man die Schuld davon bald auf die Eilfertigkeit der Belagerer, bald auf den Mangel an Ordnung unter den Stürmenden, bald gar auf die Kapellen der Heiligen, die eben an dem unterminirten Orte in den Mauern befindlich waren. Allein es scheint überhaupt, daß man dem Navarro die Kunst, die Minengänge zu führen, die

Kam-

Kammern anzulegen und die Minen zu laden, nicht so gut abgelernt hatte, als man sich vielleicht selbst einbildete.

§. 27.

Der große Schrecken, den Navarros Minen allen Kriegsleuten dadurch eingejagt hatten, daß nunmehr auch die stolzesten Mauern, die selbst dem groben Geschütze lange trotzen konnten, nicht mehr vor dem Umsturze sicher waren, mochte also wohl bald wieder verschwinden. Guicciardini bemerkt auch ganz recht, daß die Furcht vor dergleichen neuen Arten des Angrifs nur so lange daure, bis man sich auf Gegenwehr gefaßt gemacht. Und diese fand man gegen die Minen eher, als man wohl denken sollte. Consalvo ließ nach der Eroberung von Neapel das Castel nuovo von neuem aufbauen. Um das Untergraben zu verhüten, ließ er die Mauern dicht über dem Wasserhorizont durchaus mit Gängen versehen, und legte also Contreminen an *). Bey der Befestigung von Padua 1509 machten die Venetianer es eben so. Sie erbauten um die Mauern Bollwerke, um selbige damit zu bestreichen. Damit aber auch der Feind von diesen Bollwerken keinen Nutzen haben sollte, wenn er sie allenfalls eroberte, so legten sie Minen darunter an, wodurch sie selbige, im Fall sie sie verlassen müßten, in die Luft sprengen könnten.

§. 28.

*) Guicciardini sagt ausdrücklich, daß das Castel contreminirt (contraminata) worden sey. S. 307.

§. 28.

Da ich es hier nicht mit der Geschichte der Minen zu thun habe, so werde ich auch von dem Fortgange der Kunst nichts weiter hinzusetzen, sondern so gleich auf dasjenige kommen, was man in der zur Vollkommenheit der Kunst erforderlichen Theorie in den folgenden Zeiten gethan. Es mußten freylich viele mislungene Versuche vorhergehen, ehe man die Unvollkommenheit der Ausübung auf ein Gerathewohl und die Nothwendigkeit einer den Praktiker leitenden Theorie einsehen konnte. Guicciardini sagt es ausdrücklich, daß man die Ursache des Verunglückens verschiedener Minen nicht in dem Mangel an einer richtigen bey dem Unternehmen angewandten Methode, sondern in ganz etwas anderem gesucht habe. Allein hätte man auch schon damals eingesehen, woran es der Minirkunst eigentlich fehle, so würde es dem ungeachtet noch lange gedauert haben, ehe man auf irgend eine Weise zu einer Theorie gelangen konnte. Der Weg, die Naturlehre und die davon abhängenden practischen Wissenschaften durch Versuche zu erweitern, war vor Boyles Zeit wenig oder gar nicht betreten; die Erfahrung im Kriege, wobey der Beobachtungsgeist doch nicht allemal so sehr gegenwärtig ist, sollte also alles thun; und dieß konnte nicht anders als langsam geschehen.

§. 29.

Man darf sich also auch nicht sehr darüber wundern, daß nicht eher, als zu **Vaubans** Zeit, das heißt,

heißt, fast ganze zwey Jahrhunderte nach Erfindung der Minen, erst an eine Minentheorie gedacht wurde. Man weiß, daß Vauban der Belagerungskunst eine ganz neue Gestalt gab; die Minen, die damals noch zum Breschlegen für unentbehrlich gehalten wurden, gehörten also mit dahin; und um deswillen mußte er auch diesen Theil der Belagerungskunst auf Grundsätze und Regeln zurück zu führen suchen. Nun war es zu seiner Zeit nicht mehr so ganz neu, die Natur durch Versuche zu befragen, und also schlug er auch diesen Weg ein, der doch in Absicht auf die Kriegswissenschaft nur noch wenig betreten war. Die Anstellung dieser Versuche trug er einem Minirofficier, dem Maigrigni, auf, der seit 1673 mit seiner Kompagnie in Tournai (Dornick) lag, um an den Gegenminen der Citadelle zu arbeiten, der sie auch wirklich 1686 bey Tournai anstellte.

§. 30.

Ob diese berühmten, so oft angeführten und dennoch so wenig bekannten Tournaischen Versuche wirklich auf Vaubans Begehren angestellet sind, so wie ich es hier der gemeinen Sage zu Folge erzählt habe, lasse ich unentschieden. Mir kommt es eben nicht wahrscheinlich vor, da Vauban selbst in seinen Schriften sich nicht eigentlich auf sie bezieht. Indessen dem sey wie ihm wolle: sie wurden angestellt und alle Schriftsteller von den Minen beziehen sich mehr oder weniger darauf, und noch auf den heutigen Tag stehen sie bey gewissen

Leu=

Leuten in sehr großem Ansehen. Dennoch sind sie meines Wissens noch nirgends bekannt gemacht worden. Um also die Irrthümer, die sich dadurch verbreitett haben, von Grund aus zu zerstören, werde ich aus der Abschrift, die ich davon vor mir habe *), das Wesentlichste davon beybringen.

§. 31.

Die angestellten Versuche habe ich alle in folgender Tabelle zusammen gezogen, damit man sie auf einmal übersehen könne. Man ersieht daraus die kürzeste Widerstandslinie und die Ladung jeder Mine, nebst dem, was weiter bey und nach dem Springen wahrgenommen worden. Von mehr andern Betrachtungen, wozu sie Anlaß gegeben haben, oder noch geben werden, rede ich gleich nachher.

Tour=

*) Diese Nachrichten von den Tournaischen Versuchen finden sich hinter allen Abschriften von Belidors nouvelle Théorie sur la Science des Mines, wo er selbige mit Anmerkungen begleitet angehängt hat, um die für diese Versuche eingenommenen Leser zu überzeugen, daß selbige nicht so unwidersprechlich richtig wären, daß man seine eigene Erfahrungen und Versuche gradezu deswegen verwerfen könnte.

Tournaische Versuche.	Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung.	Durchmesser des Trichters.	Durchmesser durch die Kammer.	Höhe der Erdgarbe.
	Fuß	Pfund	Fuß	Fuß	Fuß
1	12	200	16	0	30
2	12	100	4 bis 5	0	4 bis 5
3	12	150	24	12	12
4	12	150	24	12	12
5	24	300	5 bis 6	0	1 bis 2
6	24	500	12	0	3
7	24	1400	42	—	—
8	24	1200	48	24	24
9	36	4050	72	36	36
10	12	100	0	0	6
11	12	100	0	0	6
12	20	700	—	—	—
13	20	700	—	—	—
14	20	700	—	—	—
15	20	700	—	—	—
16	15	293	30	15	15
17	20	700	40	20	20
18	30	2500	60	30	60
19	37	4000	11 bis 12	0	—
20	40	5400	65 bis 66	—	—
21	32	2844	64	32	60

Ich merke hierbey zum bessern Verständniße an, daß ich durch das Zeichen des Queerstriches andeute, es sey in der Erzehlung unbestimmt gelassen, wie groß man diesen oder jenen Theil in dem Erfolg einer Mine befunden; durch die Null aber, selbiger habe wirklich dabey nicht statt gefunden.

§. 32.

§. 32.

Wären die Versuche wirklich auf Vaubans Befehl angestellt, so wäre es sehr zu wünschen, daß man die Instruction, die er desfalls dem Minirofficier ertheilt hat, zugleich mit aufbewahret hätte. Aus der nähern Anzeige, die ich zugleich von den Erfahrungen thun werde, erhellet nämlich gar zu deutlich, daß man sich schon gewisse Ideen in den Kopf gesetzt haben müßte, die man nun nur zum Ueberfluße bestätigt wissen wollte. Und wie leicht dieß sey, davon giebt die Geschichte der Wissenschaften mehrere unangenehme Beyspiele.

§. 33.

Daß die Versuche sämmtlich bey Tournai gemacht worden, ist bereits angezeiget. Das Glacis der Citadelle war eigentlich der Ort, den man dazu auserseh en hatte; und die ersten 15 spielten unweit der Redoute St. Martin. Man traf daselbst eine zwar sandigte, aber doch fette Erde an, die auf 10 bis 20 Fuß sehr harte rothe Adern, tiefer hinunter zwar ein etwas gröberes Korn hatte, doch aber durchgehends so hart war, daß sie senkrecht abgestochen, wie eine Mauer stand.

§. 34.

Man ladete die erste Mine aufs Gerathewohl, und schloß aus ihrer Wirkung, daß sie überladen worden: denn der größte Durchmesser des Trichters war nicht doppelt so groß, als die kürzeste Wi-

derstandslinie. Dieß ist nun der berühmte Versuch, woraus man für erwiesen gehalten hat und zum Theil noch hält, daß eine überladene Mine statt einen weiten Trichter, ein cylindrisches Loch mache. Ich will mich bey dem Unbestimmten in dem Ausdrucke nicht aufhalten, ob man gleich von einer überladenen Mine keinen Begrif haben kann, so lange man die gehörig geladene nicht kennt, (und die ist wirklich durch diese Versuche nicht herausgebracht worden,) sondern nur überhaupt bemerken, daß eine so widernatürliche Behauptung von dem Brunnen der überladenen Minen sich doch wohl nicht durch eine einzige Erfahrung erweisen ließ, sondern eine ganze Reihe von Versuchen erforderte. Wenigstens habe ich dieß immer von dem Tournaischen Experimentator vermuthet, so lange ich seine Versuche nur aus andern kannte, und bis ich mich eines bessern zu überführen Gelegenheit erhielt. Inzwischen scheint es doch noch sehr sonderbar, daß die dritte Mine bey gleicher kürzesten Widerstandslinie mit weniger Pulver eine größere Wirkung hervorgebracht habe. Ich weiß hierauf nichts anders zu antworten, als daß ich diesen beyden Erfahrungen eine andre Belidorsche entgegen setze, die er in seinen Anmerkungen über den ersten Versuch erzehlt. Man mußte nämlich bey la Fere von zwey dicht an einander angelegten Minen, von zehn Fuß kürzester Widerstandslinie, die eine mit 100 und die andere mit 160 Pfund Pulver laden, damit sie einerley Trichter hervorbrächten. Was die verschiedene Zähigkeit des Bodens hier verursachte, kann

sie

sie auch bey Tournai gethan haben: wenigstens scheint mir diese Erfahrung hinreichend, um das Paradoxe in einem einzelnen Versuch zu erklären.

§. 35.

Daß man mit dem zweyten Versuche nicht zufrieden war, ist sehr natürlich; denn diese Mine war in einem so festen Boden wohl gewiß zu schwach geladen. Aber ganz unbegreiflich ist es, warum man mit dem dritten, wobey man den Mittelweg zwischen einem zweymaligen Gerathewohl gieng, es so sehr war. Die Ursachen die man davon giebt klingen sehr sonderbar. „Die Erdmasse wurde nicht „zu heftig, nämlich nur 12 Fuß und also gerade so „hoch als die kürzeste Widerstandslinie lang war, „in die Höhe geworfen, sie fiel theils in den Trich„ter, theils auf den Rand umher wieder nieder, „und der Trichter oder das Logement, wie man es „nennt, (denn die itzo bey Minen gebräuchlichen „Kunstwörter kommen hier überall nicht vor) war „ein umgekehrter abgekürzter Kegel, Fig. 2. dessen „kleinster Durchmesser FG der einfachen AC und „dessen größter Durchmesser DE der doppelten Höhe „AC gleich war.“ Es ist offenbar, daß man mit dem Vorsatze, dieß so zu finden, aufs Suchen ausgegangen seyn muß: wie könnte man anders solche Schlüsse machen.

§. 36.

Und mit diesen drey Versuchen waren nun alle Bemühungen um eine Minentheorie vollendet.

Die übrigen achtzehn gesprengten Minen dienten zu nichts weiter, als das, was man bey der Mine von 12 Fuß kürzester Widerstandslinie gefunden hatte, auch bey andern in größerer Tiefe zu bemerken, und nebenher auf einige für die Practik eben nicht gleichgültige Umstände zu achten. So wurde die vierte Mine nur darum angelegt, um dasjenige bestätigt zu sehen, was die dritte gelehrt hatte, und anbey erfuhr man denn, daß leere Kammern, die mit dem springenden Minenofen in einerley horizontal Fläche lagen, zugleich mit eingedruckt werden, wenn sie nicht weiter davon entfernt sind, als die kürzeste Widerstandslinie des Ofens lang ist.

§. 37.

Indem man sich nun an die Minen von zweymal größerer kürzesten Widerstandslinie machte, war man einfältig genug, den fünften Versuch darauf hin anzustellen, um zu erfahren, ob die vorige Ladung doppelt genommen nicht einen dem vorigen vollkommen ähnlichen Trichter hervorbringen würde. Man ließ es hierbey nicht einmal bewenden, sondern versuchte noch weiter, ob 500 Pfund Pulver es denn nicht thun könnten. Allein beyde Versuche hatten einen gleich schlechten Erfolg. Nunmehr machte man den Schluß, (warum nun erst, finde ich nicht angezeigt; man hätte ihn schon eher machen können), daß, da ein dem Trichter der dritten Mine ähnlicher Trichter achtmal größer, als jener sey, er auch eine achtmal größere Ladung erfordere.

§. 38.

Ehe man es aber unternahm, dieses Raisonnement durch einen Versuch zu erhärten, probirte man erst, mit der 7ten Mine, ob nicht 200 Pfund mehr, als die achtmal größere Ladung, etwas merkwürdiges zeigen würde. Allein man erhielt einen kleineren Trichter, als man erwartet hatte, und wurde also um so mehr in der Meynung bestätiget, daß die berechnete Ladung die richtige sey, welches man denn auch durch die achte Mine erfuhr. Hier haben wir nun die zweyte überladene Mine, die einen kleinern Trichter gab, als eine andere schwächer geladene, wesfalls ich mich denn auf die bey der ersten gemachte Anmerkung beziehe.

§. 39.

Man nahm hierauf die Minen von dreymal zwölf Fuß kürzester Widerstandslinie vor, und erfuhr durch den 9ten Versuch, daß eine 27mal größere Ladung einen den vorigen ähnlichen Trichter hervorbringe. Und da man dieß nun bey Minen in dreyerley verschiedenen Tiefen richtig befunden hatte, nahm man weiter keinen Anstand, den Satz als allgemein fest zu setzen, daß man bey Minen in jeder Tiefe den oben beschriebenen abgekürzten Kegel zum Trichter erhalte, wenn man die Ladung des dritten Versuchs zum Grunde lege, und daraus die neue Ladung nach dem Verhältniß der Kubiczahlen der kürzesten Widerstandslinie bestimme. Daß dieser Satz auch von jedem anders proportionirten Trichter, als der beschriebene abgekürzte Kegel,

 gelte,

gelte, wenn man nur allein ähnliche Trichter verlangt, ist einleuchtend: also kömmt nun alles auf den dritten Versuch an, der doch aus den drey ersten Versuchen allein nicht für den besten und einzig möglichen gehalten werden kann.

§. 40.

Die zehnte und eilfte Mine waren nur so weit von einander angelegt, als ihre kürzeste Widerstandslinie lang war und spielten auf einmal. Man wollte wissen, ob zwey so nahe an einander liegende Minen, zu schwach geladen, durch vereinigte Kräfte nicht das ausrichten würden, was man schon wußte, daß sie vor sich nicht konnten. Allein man sahe, daß sie gar keinen machten. Die vier folgenden Minen, die auf eine ähnliche Art im Viereck zusammen gelegt waren, hatten ihre völlige Ladung und mußten also zugleich angezündet nothwendig eine sehr heftige Wirkung thun. Die Erdmasse, die sie umfaßten, wurde ungewöhnlich hoch und tiefer als sonst herausgehoben. Inzwischen erklärte man sie für unnütz, indem man, wenn anders der Wasserhorizont es erlaubt, mit einer Mine zu 2800 Pfund eben das ausrichten zu können glaubte, und schränkte also ihren Nutzen auf den Fall ein, wo der letzte Umstand nicht statt findet.

§. 41.

Die übrigen sechs Versuche wurden auf einer andern Seite der Citadelle, in einem noch härteren Boden, als dem vorigen, angestellt, um zu sehen,

ob dieser in dem bereits gefundenen, Veränderungen machen würde welches man aber nicht fand. Die 16te Mine hatte dieß schon gelehrt, und die folgenden drey, die in Vaubans Gegenwart spielten, bestätigten es auch zum Theil.

§. 42.

Die 18te zeigte nur das Besondere, daß die Erdmasse ungewöhnlich hoch gehoben wurde, indem die Kammer auf einer harten Mergellage, Banc de Marne, lag. Die 19te bot aber eine ganz unerwartete Erscheinung dar, die zugleich ganz unverständlich erzählt wird. „Ihre Wirkung, heißt es „war noch heftiger als die der vorhergehenden, weil „über dem Pulver viel mehr feste Erde war, und „sie hinterließ in der Mitte ihres großen Durch„messers ein Loch, das 11 bis 12 Fuß breit und 23 „bis 24 Fuß tief war“. Nach dieser Beschreibung sollte dieß wohl eine überladene Mine seyn, die solcher Gestalt ein cylindrisches Loch gemacht hätte; sie war aber doch in dem gehörigen Verhältniß geladen, und dieß macht also das davon erzählte noch unverständlicher.

§. 43.

Da man sich nunmehr davon überzeugt hielte, daß ein festes Erdreich die Wirkung einer Mine vermehrte, so ladete man die 20ste Mine mit 200 Pfund weniger, als sie wirklich erforderte. Allein hier half das feste Erdreich doch nichts; der Durchmesser des Trichters fiel nämlich 15 Fuß kleiner aus, als man erwartet hatte.

§. 44.

Endlich legte man die 21ste Mine an einem Orte an, wo Ueberbleibsel eines alten Thurms lagen, und ladete sie nach dem festgesetzten Verhältniße. Diese Mine machte der größern Last ungeachtet den Trichter so, wie man gewohnt war, ihn von einer so proportionirten Ladung zu erhalten, und warf die Erdgarbe und Trümmer unerwartet hoch.

§. 45.

Ich muß noch anzeigen, daß man nicht kubische, sondern platte Kasten bey Ladung dieser Minen gebraucht hat. Die Kammern für die Minen von 12 und 24 Fuß kürzester Widerstandslinie waren nämlich nur 1 Fuß, die von 36 Fuß kürzester Widerstandslinie nur 2 Fuß hoch, und konnten also für 150, 1200 und 4050 Pfund Pulver, die sie enthalten sollten, nicht kubisch seyn. Bey den übrigen ist die Höhe der Kammer zwar nicht angemerkt, es ist aber zu vermuthen, daß man überall die kubische Gestalt der Kammern für überflüßig gehalten hat. Man rechnete überdem die kürzeste Widerstandslinie, nicht von dem Mittelpunkt, sondern von der Decke der Kammer an.

§. 46.

Zum Beschluß dieser Nachricht von den Tournaischen Versuchen will ich hier die Regeln und Grundsätze, die der Verfasser des bisher von mir gebrauchten Aufsatzes der Erzählung seiner Versuche eingestreut hat, fast mit seinen eignen Worten

in der Kürze darstellen. Er folgert nämlich aus seinen Versuchen und behauptet.

1. Daß eine zu stark und zu schwach geladene Mine beynahe einerley Wirkung hervorbringe, nur mit dem Unterschiede, daß die erstere Ladung die Erdmasse heftiger heraus und höher hinauf werfe.

2. Daß 150 Pfund Ladung zu einer Mine von 12 Fuß kürzester Widerstandslinie einen Trichter mache, der die Gestalt eines abgekürzten Kegels von der Höhe hat, und dessen beyde Durchmesser 12 und 24 Fuß betragen.

3. Daß man allemal einen jenem ähnlichen Trichter erhalte, wenn man mit Voraussetzung der vorigen Erfahrung die Ladung den Kubiczahlen der verschiedenen Linien des kleinsten Widerstandes gemäß einrichtet.

4. Daß die Höhe der Erdgarbe bey der solchergestalt bestimmten Ladung der kürzesten Widerstandslinie gleich sey.

5. Daß zwey zu schwach geladene Minen, die zugleich springen, den gewöhnlichen Trichter nicht machen, wenn sie gleich nur so weit von einander entfernt sind, als ihre kürzeste Widerstandslinie lang ist.

6. Daß vier in eben der Entfernung von einander gelegte Minen, gehörig geladen und auf einmal angezündet, keinen größeren gemeinschaftlichen Trichter machen, als wenn jede vor sich allein gesprungen hätte.

7. Daß ein stärkerer Boden in den angezeigten Verhältnissen des Trichters keine Veränrung hervorbringe, und daß solche Minen sich von andern nur allein darinn unterscheiden, daß der Trichter mit größerer Heftigkeit herausgeworfen wird.

8. Daß man aber dennoch nicht, in der Erwartung ein starkes Erdreich vermehre die Kraft des Pulvers, die Ladung vermindern dürfe. Und endlich

9. Daß leere Kammern, folglich auch Gänge, eingedruckt werden, wenn sie nicht weiter unter oder seitwärts von der spielenden Minenkammer entfernt sind, als die kürzeste Widerstandslinie lang ist.

§. 47.

Dieß ist das Wesentlichste aus den berühmten Tournaischen Versuchen, nebst den damals daraus hergeleiteten Folgen. Ich habe alles aus dem wahrscheinlich von Megrigny selbst herrührenden Aufsatze getreulich beygebracht, ohne im geringsten etwas zu verschweigen, was meinen eignen Meynungen zuwider laufen könnte. Die wenigen Anmerkungen, die ich eingestreut habe, beziehen sich nur auf das Historische: denn über die darinn enthaltenen Lehrsätze ließ sich hier noch nichts sagen. Eben deswegen habe ich auch die schätzbaren

ren Belidorschen Anmerkungen über diesen Aufsatz nicht nutzen können, da sie eine ausgemachte und wahre Theorie voraussetzen, die ich hier noch nicht voraussetzen kann.

Dritter Abschnitt.

Von verschiedenen auf die Tournaischen Versuche gegründeten Theorien.

§. 48.

Die verschiedenen theils ältern, theils neuern Minentheorien, wovon in diesem Abschnitte die Rede seyn wird, gründen sich nicht so auf die Tournaischen Versuche, daß jeder der aus denselben hergeleiteten Lehrsätze (§. 46.) eben dabey angenommen werde: denn alsdenn würde für Leute, die die Minentheorie in dem Geschmack behandeln wollten, wie sie wirklich thaten, nichts weiter hinzuzusetzen gewesen seyn. Sie weichen vielmehr in verschiedenen Stücken, z. B. in Absicht auf die Gestalt des Trichters davon ab; in demjenigen aber, was eigentlich den ersten Grund der Megrignischen Lehrsätze enthält, stimmen sie vollkommen damit überein. Alle nehmen nämlich an, daß der größte Durchmesser des Trichters niemals weder größer noch kleiner, als die doppelte kürzeste Widerstandslinie seyn müsse. Sie halten sich mit

mit Megrigny davon überzeugt, daß eine Mine, die eine stärkere Ladung erhalten hat, als zu einem solchen Trichter erforderlich ist, keinen grösseren, sondern vielmehr einen kleineren Trichter erhalten werde, so wie an der andern Seite die schwächer geladene keinen so grossen Trichter erhalten könne.

§. 49.

Das Verfahren, das man beobachtet zu haben scheint, um unter dieser Einschränkung zu einer Minentheorie zu gelangen, scheint folgendes gewesen zu seyn. Diejenigen, die zuerst darüber nachdachten, wie das Laden der Mine nach gewissen festen Regeln, das heißt, nach Theorie einzurichten sey, damit man den Endzweck, den man sich damit vorgesetzt hatte, gewiß erreichen könne, nahmen alle Begriffe von der Wirkungsart des Pulvers in den Minen von demjenigen her, was sie beym Geschütz gesehen hatten. Sie sahen nun bey dem Abfeuern eines Mörsers, wie das in der Kammer befindliche Pulver nach der Entzündung die nach damaligem Brauche verdämmte Bombe aus dem Fluge heraushebe, und an das bestimmte Ziel führe, ohne daß der Mörser dadurch sehr merklich verrückt oder versenkt werde. Hiervon schlossen sie nun auf die Minen; sie fanden daselbst die Kammer eben so wie bey dem Mörser; den Stoß, der die Kammer des Mörsers verschließt, und die Bettung, die den abgefeuerten Mörser am

Ein-

Einsinken in die lose Erde verhindert, suchten sie in der Natur und Unbeweglichkeit des Erdbodens; den Flug bildete sich nun die springende Mine selbst in der Aushölung, die man nach dem Springen siehet, und die Solidität des Trichters gab endlich das ab, was beym Mörser die Bombe war, nur mit dem Unterschiede, daß diese weiter als jene geworfen wurde. Ich will hier gar nicht behaupten, daß es beym Bombenwerfen nicht anders zugehe, als ich hier gesagt habe; allein ich glaube doch, daß man vor etwa hundert Jahren die Sache nicht viel anders ansehen konnte: auf die Uebertragung dieser Begriffe auf die Minen war es dahingegen leicht zu verfallen, da die Gleichheit beym ersten Anblicke so groß ist. Und damit war denn alles auf die Frage zurück geführt, wie muß die Kraft, nämlich die Ladung, sich zur Last, nämlich dem Minentrichter, verhalten, wenn eine gute Wirkung erfolgen soll.

§. 50.

Um diese Frage zu entscheiden, mußte man zuerst die zu hebende Last, und demnächst die Kraft des Pulvers auf eine Masse von bestimmter Gestalt und Größe erforschen. In der Bestimmung dieser beyden Stücke, weichen aber fast alle Schriftsteller der Minirkunst von einander ab. Ehe man den Inhalt des Minentrichters, als die zu hebende Last erfahren konnte, mußte man über

die

die Gestalt des Trichters einig seyn. Einige halten dafür, selbiger gehöre zu keiner der bisher in der Stereometrie bekannten körperlichen Figuren, andere finden ihn aber wirklich darunter. Diese sind zwar alle darinn einig, daß die kürzeste Widerstandslinie grade die Hälfte des größten Durchmessers sey: allein in der Zusammenfügung der Endpunkte des Durchmessers mit der Spitze des Trichters gehen sie sehr von einander ab, indem einige durch sie eine grade, andre durch eine gebrochne, und noch andere durch eine krumme Linie verbinden. So nimmt Vauban also zur Gestalt des Minentrichters den rechtwinklichten Kegel, fig. 1. Megrigny und nach ihm ehemals Belidor, noch neuerlich aber Prudhomme, den abgekürzten Kegel, fig. 2. Valiere und nach ihm viele neuere den parabolischen Kegel, fig. 3. John Müller, die abgekürzte Paraboloide, le Fevre einen Kegel, der um $\frac{1}{7}$ größer ist, als der rechtwinklichte, und endlich Meldercreuz einen conischen Körper, der unterwärts von einer Kettenlinie, seitwärts aber von einer Trajectorie begränzt ist. Fast noch mehr Abweichung findet man in der Bestimmung einer gewissen Last für eine gewisse Menge Pulver; wie solches auch nicht wohl anders seyn konnte, da verschiedenes Pulver nach der Sorgfalt, die man in Verfertigung desselben angewandt hat, eine verschiedene Kraft hat. Ich werde von allen diesen insbesondere reden, und nachher sie mit einander vergleichen.

§. 51.

§. 51.

Ich habe bereits vorhin gesagt, daß Vauban sich besonders der Minirkunst angenommen, und sich bemühet habe, eine practische Theorie davon zu geben. Was er darinn geleistet hat, ist in seinen Schriften über die Belagerungskunst vorhanden, aber in drey verschiedenen Schriften auch verschiedentlich, weswegen ich jede Methode insbesondere anzeigen muß. Die erste findet man in demjenigen Werk, das er 1704 Ludwig XIV überreichte, welches wahrscheinlicher Weise das älteste seiner Schriften ist, ob es gleich erst 1740 und also später, als die übrigen gedruckt erschienen ist.

§. 52.

Wenn die Mine gespielt hat, sagt Vauban *), so macht sie ein Loch, das gewissermaßen die Gestalt eines umgekehrten rechtwinklichten Kegels hat. Die Spitze dieses Kegels fällt in den Mittelpunkt der Kammer, und der Durchmesser der Grundfläche desselben ist doppelt so groß, als seine Höhe, indem dieses daraus folgt, daß seine Seiten einen rechten Winkel einschließen. Er will hiernächst lehren, wie der Inhalt eines solchen Trichters gefunden werde, zeigt eber wirklich nur, wie

*) Memoire pour servir d'instruction dans la conduite des Sieges. Chap. XXVII. p. 145-152.

wie man die Anzahl der Cubiktoisen der kürzesten Widerstandslinie finden solle. In mittelmäßiger Erde rechnet er für jede so gefundene Cubiktoise 15 Pfund Pulver, und räth an, in einem festeren Boden $\frac{1}{5}$ mehr zu nehmen. Er zeigt dieses durch ein Exempel, bey einer Mine von 22 Fuß Erddicke über der Kammer. Da die Kamer in diesem Fall $2\frac{1}{2}$ Fuß hoch seyn muß, so legt er die Hälfte davon $1\frac{1}{4}$ zu der vorigen Erddicke, um die kürzeste Widerstandslinie $23\frac{1}{4}$ Fuß zu bekommen, wofür er in runden Zahlen 24 Fuß oder 4 Toisen setzt. Die Cubiczahl hiervon 64 mit 15 multiplicirt, giebt nach ihm die gehörige Ladung für eine solche Mine, nämlich 960 Pfund, wozu bey festerer Erde und wegen der Gefahr, daß die Ladung feucht werden möge, noch 192 Pfund kommen, welche zusammen 1152 oder in runden Zahlen 1150 Pfund ausmachen.

§. 53.

Nach diesen Regeln hat er folgende Tabelle berechnet, wobey doch eben nicht die größte Genauigkeit beobachtet ist. Er hat durchgehends $\frac{1}{5}$ mehr angesetzt, als die eigentliche Rechnung gab, so daß selbige also für schwere Erde gilt, und um $\frac{1}{5}$ vermindert werden muß, um für mittelmäßige Erde zu gelten.

§. 54.

kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.
Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.
6	20	15	280	24	1150	33	2950
7	32	16	340	25	1300	34	3230
8	45	17	410	26	1450	35	3530
9	60	18	480	27	1620	36	3840
10	82	19	570	28	1800	37	4200
11	110	20	660	29	2000	38	4500
12	150	21	760	30	2220	39	4900
13	190	22	880	31	2450	40	5260
14	226	23	1000	32	2690		

§. 54.

In wie weit diese Angaben sich auf Erfahrung gründen oder nicht, kann ich nicht sagen, da es aus Vaubans Worten zu schließen ungewiß ist, ob das in (§. 52.) beygebrachte Exempel eine Erfahrung ist, oder nicht. Es steht aber überhaupt sehr zu besorgen, daß Vauban hier, durch die Verwechselung des Würfels der kürzesten Widerstandslinie mit dem Inhalt des Trichters von gleicher Höhe mit dem Würfel, in mehr Irrthümer verfallen ist. Gesetzt, er hätte durch Versuche die Ladung einer gewissen Mine gefunden, und es, um sich die Mühe zu ersparen, jemanden, der besser mit der Ausrechnung der Körper umzugehen wußte, als er, aufgetragen, ausfindig zu machen, wie viel Pfund nun auf eine Cubiktoise gehe, so

würde er dieß hoffentlich richtig erfahren haben. Allein er würde nachher eine ganz falsche Ladung heraus gebracht haben, wenn er das so gefundene auf andere Minen, deren Trichter er nach seiner Art zu rechnen ausfindig gemacht hatte, angewandt hätte. Die Ladung würde nämlich ziemlich viel zu schwach geworden seyn, da der Kegel, den er zum Minentrichter annimmt, ziemlich viel grösser ist, als der Würfel der kürzesten Widerstandslinie. Denn wenn der Durchmesser 1, die Peripherie 3,1415... und die kürzeste Widerstandslinie k ist, so ist die Grundfläche des Kegels $= 3,1415\ldots k^2$, sein Inhalt aber $= \frac{3.1415\ldots k^3}{3} = 1,047197 k^3$, da doch der Würfel der kürzesten Widerstandslinie nur k^3 ist, und also $0,047197 k^3$ kleiner, als jener.

§. 55.

Hat Vauban aber wirklich in allem so verfahren, wie er sich ausdrückt, so hätte er sich weit kürzer fassen können, wenn er wie Megrigny gradeweg gesagt hätte, die Ladungen verhalten sich bey Minen von verschiedener Tiefe, wie die Cubikzahlen der kürzesten Widerstandslinien. Und allem Anscheine nach hat er auch dieß nur sagen wollen; wobey er denn sehr gut gethan hätte, anzuzeigen, welche Probemine er hierbey zum Grunde gelegt.

§. 56.

§. 56.

Die zweyte Vorschrift zur Ladung der Minen ertheilt Vauban in seiner Kunst, Festungen anzugreifen *). Selbige unterscheidet sich von der vorigen fast nur allein in der Ausführlichkeit, und überdem noch in einer gewissen vermeynten Theorie von der Wirkungsart des in der Erde verschlossenen Pulvers. Er nimmt nämlich an und behauptet, daß, wenn eine gewisse Menge Pulvers in kugelförmiger Gestalt in freyer Luft hängend oder schwebend entzündet werde, die Wirkung dieses entzündeten Pulvers sich zu allen Seiten gleichweit erstrecken und also die Pulverkraft eine Kugel um die Kugel des Pulvers bilden werde. Würde eine solche entzündete Pulverkugel, setzt er nun weiter hinzu, auf die Hälfte in eine Materie eingefaßt, die der Wirkung des Pulvers ganz widerstehen könnte, so würde die ganze Kraft des entzündeten Pulvers sich auf der freyen Halbkugel äußern, und also die Halbkugel der Wirkung doppelt so weit reichen, als zuvor. Eben dieß würde nach seiner Meynung erfolgen, wenn $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ und so weiter der Kugel bedeckt wären, so daß also überhaupt die Kraft des Pulvers auf dem unbedeckten Theile so vielmal größer wäre, als die Kugelfläche in gleiche Theile eingetheilt ist.

*) De l'Attaque et de la Defense des Places, par Mr. de Vauban. Haye. 1737. 4. Chap. XVII-XXI. pag. 111-139.

§. 57.

Von diesen Sätzen, deren Werth und Unwerth dahin gestellt bleiben mag, macht Vauban nun folgenden Gebrauch bey der Minentheorie. Es sey, sagt er, fig. 1. in *C* eine gewisse Menge Pulver in der beliebigen Tiefe *AC* unter der Erde angezündet, so ist erstlich offenbar, daß die Kraft des Pulvers in der Richtung *CB* den Widerstand von der ganzen Erdkugel habe, zweytens hat sie in den Richtungen *CD* und *CE* einen beträchtlichen Abschnitt der Erdkugel zum Widerstande, und drittens widerstehen ihr noch die beyden Erdtriangel *FCD* und *GCE*. Da sie nun nach der Richtung *AC*, als der kürzesten Widerstandslinie, ihre Wirkung ausüben muß, so folgt hieraus, daß eine vernünftig geladene (also doch nicht eine jede) Mine die Hälfte der Bögen *AD* und *AE* abbrechen werde; weil nämlich *FA* und *GA* an die größte Schwäche in *AC*, *DC* und *CE* aber an die größte Stärke des Widerstandes in *DC* und *CE* gleich viel gränzen.

§. 58.

Alles dieß, was einen Beweis des Satzes: eine jede Mine macht, wenn sie springt, einen rechtwinklichten Kegel, abgeben sollte, war ganz überflüßig, wenn der Schlußsatz, wie Vauban that, dahin eingeschränkt werden sollte, daß dieß nur dann erfolge, wenn die Ladung der Mine darnach eingerichtet würde; denn so glaube ich, daß

der Ausdruck: vernünftig geladene Mine zu verstehen sey. Wer hat dieß jemals wohl geleugnet, und wer verlangt dafür einen Beweis? — Den Beweis selbst will ich nicht untersuchen, da ein jeder die Schwächen darinn selbst finden wird. Allein das verdient bemerkt zu werden, wie sehr Vauban die Folgen, die er aus seiner Art, die Wirkung des Pulvers in den Minen sich vorzustellen, hätte ziehen können, so ganz übersehen hat. Gesetzt nämlich es wäre wahr, daß *AC* und *CE* die Schwäche und Stärke des Widerstandes vorstellten, und daß der äußerste Pulverstrahl die Diagonale *CG* beschriebe; warum kann denn zwischen diesen beyden Linien kein ander Verhältniß, als das der Gleichheit statt finden? Wäre dieß nicht, wie es denn natürlicher Weise seyn kann, so folgt ja selbst aus Vaubans Vorstellungsart, daß *AG* kleiner und größer als *AC* werden kann, je nachdem nämlich *CE* ein anderes Verhältniß zu *AC* hat.

§. 59.

Wie wenig sich aber Vauban übrigens auf seine sogenannte Theorie verlassen habe, sieht man aus seiner Ungewißheit über die Gestalt des Minentrichters. In eben dem 18ten Kapitel, woraus das bisherige entlehnt ist, erinnert er, daß der Minentrichter ein abgekürzter Kegel sey *), nimmt aber gleich im Anfange des folgenden Kapitels und auf der folgenden Seite den bloßen recht-

*) Chap. XVIII, p. 117. n. 104.

winklichten Kegel dafür an. Vielleicht hat er durch den ersten Ausdruck nur überhaupt so viel sagen wollen, daß die Heftigkeit, womit die Wirkung des Pulvers nahe um die Kammer sich äusſere, den Kegel nicht spitz seyn lasse: inzwischen ist der Widerspruch doch immer sehr groß, da der bloß rechtwinklichte Kegel, und der abgekürzte Kegel, so wie ihn Megrigny im Minentrichter fand, sehr von einander verschieden sind. Durch die Berechnung des Inhalts des Trichters, die gleich darauf folgt, läßt sich der Widerspruch auch nicht heben, wie man wohl glauben sollte: denn Vauban lehrt wiederum nur die Kubiczahl der kürzesten Widerstandslinie finden, und sagt, das sey beynahe der Inhalt der durch das Pulver zu hebenden Erdmasse, wie wohl nicht ganz genau. Inzwischen wird doch durch dieses beynahe, bey dem Kegel schon um etwas beträchtliches, (§. 54.) bey dem abgekürztem Kegel aber um ein ansehnliches gefehlt.

§. 60.

Um aus dem so berechneten Inhalt des Trichters die erforderliche Ladung zu finden, will Vauban nach Beschaffenheit des Bodens auf eine Cubiktoise 12, 15 oder 18 Pfund gerechnet haben, welches man bey Mauerwerke auf 20 bis 25 Pfund vermehren könne. Er theilet hierauf eine berechnete Tafel mit, worinn er auf die Cubiktoise 15 Pfund rechnet; womit aber die Tafel selbst gar nicht übereinstimmt. Bey der Mine von 6 Fuß kürzester Widerstandslinie setzt er die Ladung 18

Pfund;

Pfund; bey der von 12 Fuß, 142, und also beynahe so viel, als sie unter der vorigen Voraussetzung seyn sollte; bey der von 18 Fuß 479, statt 486, die sie erforderte, falls auf die Cubiktoise 18 Pfund gerechnet würden. Man sieht hieraus, daß entweder Vauban selbst nicht gewußt hat, was er gethan, oder auch, daß seine Zahlen durch Abschreiber gräulich verhunzt seyn müssen. Hier ist indessen seine Tafel zu den Minenladungen.

kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.	kürzeste Widerstandslinie.	Ladung in festem Boden.
Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.
5	10	14	226	23	1000	32	2692
6	18	15	277	24	1136	33	2952
7	28	16	366	25	1294	34	3229
8	42	17	403	26	1444	35	3522
9	60	18	479	27	1617	36	3833
10	82	19	564	28	1803	37	4161
11	109	20	657	29	2004	38	4510
12	142	21	761	30	2218	39	4873
13	180	22	875	31	2447	40	5258

§. 61.

Als der Buchhändler de Hondt im Haag 1738 das Vaubansche Werk über den Angrif und die Vertheidigung der Festungen zuerst drucken ließ, mochte er wohl aus dem Abgange des ersten Theils ab-

nehmen können, daß ein zweyter Theil, wo nicht dem Publico, so doch gewiß ihm selbst sehr erwünscht seyn würde. Man hatte sich also nun nach Materialien umzusehen, und diese fand de Hondt so bald, daß fünf Jahr hernach wirklich ein zweyter Theil erschien, so wenig man sonst auch bey der Ausgabe des ersten daran gedacht, und so wenig man überhaupt davon wußte, daß Vauban ausser dem vorigen Werk etwas ausführliches im Manuscript hinterlassen hatte. Dieser Band, der dem ersten an der Seitenzahl nichts nachgab, enthielt nun eine practische Minirkunst, die gewiß von Vauban seyn sollte, und überdem noch zum deutlichen Beweise, daß dieser zweyte Band bloß dem Verleger zum Besten veranstaltet war, eine Abhandlung über die Kunst, den Krieg zu führen, die man eben Vaubanen nicht zuschreiben wollte, die hier aber doch zur Füllung des leeren Raums sehr gut einen Platz fand, und wo nicht gelesen, so doch gewiß von den Besitzern des ersten Theils gekauft ward. Und hiermit war nun Herr de Hondt vollkommen zufrieden.

§. 62.

So begreiflich dieses aber ist, so unbegreiflich ist es an der andern Seite, wie die Leser der Vaubanschen Schriften damit zufrieden seyn konnten. Vauban hatte in seiner Kunst, Festungen anzugreifen und zu vertheidigen, alles, was dabey in Absicht auf die Minen zu seiner Zeit zu beobachten

war,

war, in vier Kapiteln ziemlich weitläuftig abgehandelt. Er hatte dabey nicht nur gezeigt, was man eigentlich an der einen oder der andern Seite durch Minen auszurichten habe, sondern zugleich gelehrt, wie solches zu bewerkstelligen sey, sowohl von Seiten der Anführer, als von Seiten des Minirers selbst. Es schien also an der einen Seite nichts mehr von der Minirkunst übrig zu seyn. An der andern Seite wichen die Vorschriften, die die practische Minirkunst enthielt, so sehr von denjenigen ab, die zuvor in der Belagerungskunst gelehrt waren, daß man mit Recht auf die Gedanken gerathen könnte, eins von beyden könne nur ächt seyn. Und bey dieser Untersuchung würde die practische Minirkunst offenbar zu kurz gekommen seyn, da sie bloß ein zusammengerafftes Werk ist, wobey man Vaubans Namen gemißbraucht hat.

§. 63.

Indessen finde ich doch nirgends, daß man es so genau damit genommen habe. Einige haben überhaupt nicht einmal den Unterschied zwischen den eigentlichen Vaubanschen Sätzen und den ihm zugeschriebenen bemerkt; andere scheinen sie für gleichgültig gehalten zu haben, und schreiben deswegen bald diese bald jene vor; endlich haben sich andere ganz für die letztere erklärt, da insbesondere die Anweisung zur Ladung der Minen so umständ-

lich ertheilt ist. Aus eben der Ursache werde ich sie denn auch hier nicht übergehen können.

§. 64.

Vauban, oder wer auch sonst der Urheber der practischen Minirkunst seyn mag, sieht den Minentrichter noch für einen umgekehrten rechtwinklichten Kegel an, und berechnet hier den Inhalt desselben ziemlich richtig, wiewohl nicht mit vieler Schärfe. Hierauf werden Erfahrungen angeführt, wodurch man gefunden haben will, wieviel Pfund Pulver auf eine Cubiktoise zu rechnen sey, und dem zufolge werden Regeln angegeben, nach welchen man sich bey andern Erdarten zu richten habe, die jedoch nicht ganz mit den Erfahrungen übereinkommen. Diese sichern und fehlerfreyen Regeln, wie man sie nennt, verlangen für die Cubiktoise gemeiner Erde, wovon der Kubikfuß 101 Pfund wiegt, 14 Pfund Pulver; für festen Sand, den Cubikfuß zu 126 Pfund, 17 Pfund Pulver; für vermischte Erde, 133 Pfund der Cubikfuß, 18 Pfund Pulver; für Ziegelerde, 139 Pfund der Cubicfuß, 19 Pfund Pulver; und endlich für strenge mit Steinen vermischte Erde, den Cubikfuß zu 160 Pfund, 22 Pfund Pulver.

§. 65.

Auf diese Sätze gründet sich folgende Tabelle, die eben ihrer Umständlichkeit wegen sehr berühmt ist. Sie geht von 2 Fuß kürzester Widerstandslinie,

linie bis 60, und also weiter als jemals Minen anzulegen seyn werden: und enthält außer den Ladungen auch den Inhalt des Trichters, nach der obigen Voraussetzung, vermuthlich deswegen, damit ein jeder nachrechnen könne, ob die Ladungen übrigens den vorhin angezeigten Sätzen gemäß berechnet wären. Hierzu habe ich aber eben so wenig Lust, als dazu, die Varianten zu sammeln, die man in den verschiedenen Abdrücken dieser Tabelle bey der Vergleichung vielleicht finden könnte.

§. 66.

Neben diesen drey ältesten Vorschriften zur Ladung der Minen muß ich sogleich eine der neuesten stellen, theils weil sie sich nur wenig davon unterscheidet, theils aber auch, weil sie noch immer die dritte Vaubansche mit geringer Veränderung ist. Le Febvre, ein Mann, der dem Gebrauch der Minen häufig beygewohnt, ihn oft selbst angeordnet und eigne Versuche mit Minen angestellt hatte, der Belidors Entdeckung in der Minentheorie zu schätzen, aber nicht zu nutzen *) wußte, und der, wenn er aufmerksam genug gewesen wäre, selbst hätte Vorschriften zur Ladung der Minen

*) Daß er Belidors Globe de Compreßion vor Schweidnitz brauchte, darf hierwider nicht angeführt werden. Denn darinn liegt eigentlich der Fehler, daß man Belidors neue Minentheorie für eine Anweisung zum Gebrauche der Druckkugel hielt, da sie doch gewiß mehr war.

nen angeben können, vergaß sich selbst so sehr, vermuthlich aus Hochachtung für Vauban, den er doch sonst in allen Stücken übertraf, daß er die so eben angezeigte Vorschrift zum Minenladen seinen Lesern aufs neue vorlegte und anpries *). Das einzigste, was man hierbey zu seiner Entschuldigung sagen kann, ist, daß er sie selbst nicht für untrüglich ausgiebt, sondern wünscht, daß man endlich einmal feste Regeln erhalten möge, und sie vor der Hand deswegen etwas verbessert.

§. 67.

Die Ursache, die le Febvre angiebt, warum er sich an die vermeintliche Vaubansche Tafel gehalten, ist die, daß sie sich auf sehr viele verschiedene Erdarten beziehe. Von ihm hätte man freylich eine ganz andere erwarten können; nämlich die Uebereinstimmung mit der Erfahrung. Allein hierüber erklärt er sich nicht: er beklagt nur, daß sie durch Druck- oder Schreibfehler so sehr entstellt worden, daß man unnatürliche Sprünge darinn bemerke, und verspricht diesem abzuhelfen. Er verfährt hierbey so, daß er statt des bloßen rechtwinklichten Kegels einen andern annimmt, der um $\frac{1}{7}$ größer ist, übrigens das Verhältniß des Pul-

*) Essai sur les Mines, pag. 106 bis 109. in französischem und rheinländischem Maaß, wovon ich der Gleichförmigkeit wegen das erstere beybehalten habe.

Zu §. 67. Seite 60.

Kürzeste Wi-der-stands-linie.	Ladung in Ziegel-	Ladung in mit Steinen

Pulvers zu einer Cubiktoise für jede der fünf Erdarten beybehält, und hieraus die Pulverladung auf jeden Fall berechnet.

§. 68.

Was le Febvre bewogen hat, in Absicht auf die Gestalt des Trichters von Vauban abzugehen, finde ich nicht angezeigt. Er behauptet zwar irgendwo*), daß der Minentrichter keine der bisher bekannten stereometrischen Figuren sey, und beruft sich desfalls auf Belidor, der doch noch in seiner neuesten Minentheorie eine gewisse Art von abgekürztem Kegel dafür ausgiebt**). Allein gesetzt, daß dem also sey, was bewog ihn denn, ihn gerade um $\frac{1}{7}$ größer zu setzen, als Vauban gethan hatte. Hatte er Erfahrungen dafür, warum zeigte er sie nicht an? Er beruft sich wohl auf einen Brief von Vauban, der aber nichts zu seinem Vortheil enthält***). Vauban ertheilt in demselben einige Erinnerungen über eine ihm zugesandte Tabelle für die Minenladungen, und äussert bey der Gelegenheit folgende Erfahrungssätze von den Minen. Man hat gefunden, sagt er, daß in einer auf dem Glacis angelegten Mine eine Unze Pulver

*) Essai sur les Mines, pag. 105.

**) §. 627. S. 339. der Schnellerschen Uebersetzung.

***) Dieser Brief ist zuerst in dem Nouveau Sisteme sur la maniere de defendre les places, Frankf. 1744. 4. gedruckt erschienen. Essai sur les Mines, pag. 104. not. c.

Pulver auf einen Cubikfuß Erde erforderlich sey, und dieß giebt für eine Mine von 10 Fuß kürzester Widerstandslinie eine Ladung von etwa 75 Pfund. Der Sicherheit halber nimmt man aber $1\frac{1}{7}$ Unze auf einen Cubikfuß, und also zu einer 10 Fuß tief angelegten Mine 86, zu einer 20 Fuß tiefen 600, und zu einer 40 Fuß tiefen Mine 4800 Pfund Pulver zur Ladung. Für eben diese drey Minen fordert er weiter, wenn sie im Mauerwerk angelegt würden, 100, 800 und 6400 Pfund Pulver; und wenn sie endlich gar tiefer, als der Grund des Mauerwerks zu liegen kämen, 150, 1200 und 9600 Pfunde. Es ist nicht abzusehen, wie le Febvre hieraus etwas für sein Vorgeben hat herleiten können. Vielleicht könnte man gar etwas zum Nachtheil der Tabelle (§. 65.), die doch le Febvre so hoch schätzet, darinn finden. Denn vergleicht man das, was Vauban in diesem Briefe von den Minenladungen sagt, mit den Tabellen (§. 53 und 60), so findet man eine ziemlich genaue Uebereinstimmung, und also könnte es gar wohl seyn, daß es eben die Tabelle (§. 65) gewesen, die Vauban zugeschickt worden, die er aber verwarf, und dahingegen an das in dem Briefe angezeigte sich zu halten rieth.

§. 69.

Da die Tournaischen Versuche und insbesondere der erste daraus hergeleitete Satz (§. 46. 1.) so viel Beyfall gefunden, so ist es zu bewundern, wie man in dem zweyten Satz fast immer von Megrigny abgegangen. Belidor erklärte sich

zwar

zwar in der ersten Ausgabe seines Lehrbegriffs der Mathematik für die Meynung, daß der Minentrichter ein abgekürzter Kegel von der Beschaffenheit sey, wie Megrigny gelehrt hatte, fig. 2., und mehr andere sind ihm hierinn gefolgt. Allein in allen bisher gedruckten Schriften findet sich keine auf diese Voraussetzung gegründete Anweisung zur Minenladung. Ob man gleich solche itzt wohl entbehren könnte, so will ich doch, damit man alle verschiedene Meynungen beysammen finden möge, diejenige Tabelle hier einrücken, die ich von Belidor berechnet, in einer Abschrift besitze *).

§. 70.

Was die Einrichtung dieser Tabelle betrift, so läßt sich aus Mangel der dazu gehörigen Erklärung, nur folgendes davon sagen. Die Berechnung des Minentrichters in der angezeigten Voraussetzung kann wohl nicht anders, als richtig seyn, da sie von Belidor herrühret. Die Pulverladung selbst ist hiernächst aus dem Inhalt des Trichters so berechnet, daß auf 100 Cubikfuß 115 Unzen genommen worden, welches mit Vaubans Grundsatz (§. 68.) $1\frac{1}{7}$ Unze auf einen Cubikfuß zu nehmen ziemlich übereinkömmt.

Kürzeste

*) Ist die oben (§. 30.) erwähnte Abschrift von Belidors neuen Minentheorie, der diese Tabelle mit mehrern von dem ehemaligen Besitzer derselben, dem Hrn. Generallieutenant von Feignet, der Belidorn persönlich gekannt hatte, beygefügt ist.

Kürzeste Widerstandslinie.	Inhalt des Minentrichters.			Pulverladung.	
Fuß.	Cubicfuß.	Zoll.	Linien.	Pfund.	Unzen.
1	1	9	11	—	$2\frac{1}{4}$
2	14	5	9	1	$1\frac{1}{7}$
3	49	5	3	3	$10\frac{4}{7}$
4	117	3	9	8	11
5	229	—	5	16	15
6	359	10	8	29	5
7	628	10	—	46	9
8	938	6	2	70	6
9	1337	5	—	99	—
10	1832	11	6	135	—
11	2439	10	2	180	—
12	3167	6	—	234	—
13	4027	4	7	298	—
14	5030	8	—	372	—
15	6186	11	9	458	—
16	7509	2	2	556	—
17	9006	2	9	667	—
18	10691	7	6	791	—
19	12573	5	1	931	—
20	14665	11	7	1068	—
21	16978	6	—	1257	—
22	19520	2	6	1445	—
23	22305	6	11	1652	—
24	25342	4	—	1867	—
25	28644	10	10	2121	—
26	32220	3	9	2368	—
27	36083	8	3	2672	—
28	40245	4	—	2981	—
29	44711	2	7	3311	—
30	49499	2	11	3666	—

Kürzeste Widerstandslinie.	Inhalt des Minentrichters.			Pulverladung.	
Fuß.	Cubikfuß.	Zoll.	Linien.	Pfund.	Unzen.
31	54612	9	9	4045	—
32	60073	5	9	4449	—
33	65880	5	5	4880	—
34	72055	—	7	5333	—
35	78604	2	—	5822	—
36	85533	—	—	6326	—
37	92862	10	8	6878	—
38	100594	2	1	7451	—
39	108748	6	1	8055	—
40	117327	9	4	8691	—
41	126351	9	—	9331	—
42	135828	—	—	10015	—
43	145757	1	11	10706	—
44	156169	6	6	11568	—
45	167056	5	6	12374	—
46	178446	10	7	13218	—
47	190334	1	4	14098	—
48	202748	—	—	15018	—
49	215689	10	—	15976	—
50	229160	10	6	16974	—
51	243192	2	5	18014	—
52	257773	6	1	19094	—
53	272947	9	6	20218	—
54	288673	10	6	21336	—
55	305014	5	7	22593	—
56	321962	8	—	23849	—
57	339539	9	2	25151	—
58	357567	6	8	26486	—
59	476517	4	5	27890	—
60	395995	10	—	29332	—

§. 71.

Daß Belidor diese Meynung von der Gestalt des Minentrichters zu einer Zeit hegte, da man ausser Vaubans Schriften nichts von den Minen geschrieben hatte, ist verzeihlich: allein ganz unverzeihlich ist es, daß ein gewisser Prudhomme solche Unwahrheiten noch 1770 lehret *). Ohne einigen Grund für diese seine Meynung anzugeben, lehrt er mit der größten Umständlichkeit, wie der Inhalt des Trichters als abgekürzter Kegel betrachtet, zu berechnen sey, und wie man hieraus die Ladung finden könne, wenn man in schlechter oder lockerer Erde 12, in mittelmäßiger 16, und in starker Erde 18 Pfund Pulver auf eine Cubiktoise rechnet. Hier ist das Resultat seiner Rechnung.

Kürzeste

*) Nouveau traité des Mines et Contremines, par Mr. Prudhomme, ancien Officier. Paris 1770. 8. Chap. VII. de la Charge des Mines, pag. 99 - 132.

Kürzeste Widerstandslinie.	Inhalt des Trichters.		Ladung in schlechter Erde.		Ladung in mittelmäßiger Erde.		Ladung in starker Erde.	
Fuß.	Cubikf.	Zoll.	Pfund.	Unz.	Pfd.	Unze.	Pf.	Unze.
2	10	1192	—	10	—	$14\frac{2}{3}$	—	$16\frac{1}{2}$
3	49	—	2	12	4	—	$4\frac{1}{2}$	—
4	114	—	6	5	9	—	10	—
5	225	—	12	8	16	—	18	—
6	394	—	22	—	29	—	33	—
7	432	—	24	—	32	—	36	—
8	936	—	52	—	69	—	78	—
9	1296	—	72	—	96	—	108	—
10	1512	—	84	—	112	—	126	—
11	1944	—	108	—	144	—	162	—
12	2772	—	168	—	224	—	252	—
13	3024	—	204	—	272	—	306	—
14	4320	—	240	—	320	—	360	—
15	6048	—	336	—	448	—	504	—
16	6912	—	384	—	512	—	576	—
17	7776	—	432	—	576	—	648	—
18	10584	—	588	—	784	—	882	—
19	11880	—	660	—	880	—	990	—
20	13176	—	732	—	976	—	1090	—

§. 72.

Die dritte Meynung über die Figur des Minentrichters ist die, daß es ein parabolischer Kegel sey, und diese ist zuerst von Valieren gelehrt worden. Unter mehreren Artillerieschulen, die um 1716 in Frankreich gestiftet wurden, machte sich die zu la Fere sowohl durch ihren Chef, den

nur gedachten Valiere, als durch ihren Lehrer der Mathematik, Belidor, berühmt. Beyde stellten gemeinschaftlich, wie über andere Gegenstände die Artillerie betreffend, also auch über die Minen Versuche an, die in den ersten Jahren eben nicht viel neues lehrten, denen wir aber doch nachmals, da d'Abouville Chef der Schule geworden war, viele nützliche Entdeckungen zu danken haben. Die erste Frucht dieser Versuche war der Aufsatz, den Belidor seinem Cours de Mathematiques 1725 einverleibte, den er aber in der Auflage von 1757 wieder unterdrückte; wovon ich in dem folgenden Abschnitte reden werde. Die zweyte Frucht derselben ist in Valieres Abhandlung über die Minen enthalten, die Folard dem dritten Bande seines Commentars über den Polybius anhieng. Das Vorzüglichste darinn, die Anlegung der Contreminen, gehört zwar erst in den folgenden Theil meiner Abhandlung: indessen werde ich von dem, was zur Theorie gehöriges darinn enthalten ist, hier zu reden haben.

§. 73.

Valieres Aussage zufolge war es eine vielfältige Erfahrung allein, welche ihn auf den Gedanken brachte, dem Minentrichter eine parabolische Gestalt zuzuschreiben. Fig. 3. Er maaß an vielen Minen, die er hatte springen lassen, und wovon ihm also die kürzeste Widerstandslinie

linie bekannt war, die Tiefe des Trichters AE, und fand allemal, wie er versichert, daß $AC + 2\,CE = CH$ sey. Er erfuhr weiter, daß dieß in jedem andern Punkte k, wo man mit GH eine Parallellinie ziehet, zutreffe, und endlich, daß allemal $BD = 2\,CF$. Lauter Eigenschaften, die der Parabel zukommen, und die also deutlich genug zeigen, daß die krumme Linie $GBEDH$ eine solche sey. Er schloß hieraus ohne Bedenken, daß der Minentrichter ein Körper sey, der durch die Umwälzung der halben Parabel GBE um ihre Axe AE entstehe, und also eine Paraboloide. An dem angezeigten Orte giebt er zwar weiter keine Anleitung zur Berechnung der Pulverladung auf diesem Grunde; indessen ist seine Tafel zur Bestimmung der Minenladung bekannt genug.

§. 74.

Selbige beruhet auf folgenden Gründen. Er legt aus der Erfahrung zum Grunde, daß die Mine, deren kürzeste Widerstandslinie 10 Fuß ist, zur Ladung $93\frac{3}{4}$ Pfund Pulver erfordere. Da nun alle Minentrichter, die man in größerer oder geringerer Tiefe erfordert, in Absicht auf die Höhe und den Durchmesser der Grundfläche eben das Verhältniß beobachten sollen, was man bey der Probemine bemerkt hat, so folgt, daß es lauter ähnliche Körper sind, und hieraus weiter, daß

sich die Ladungen, wie die Cubikzahlen der kürzesten Widerstandslinien verhalten. Auf diese Art ist denn also mit Zuziehung der gedachten Probemine folgende Tabelle berechnet worden. Ich theile sie hier so mit, wie sie im le Febvre steht: denn obgleich andere Abdrücke davon abweichen, so scheint diese doch, so viel man ohne Nachrechnen abnehmen kann, wohl die richtigste zu seyn.

Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung.		Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung.	
Fuß.	Pfund.	Unze.	Fuß.	Pfund.	Unze.
1	0	2	21	868	3½
2	0	12	22	998	4
3	2	8½	23	1140	10½
4	6	0	24	1296	0
5	11	11½	25	1558	9½
6	20	4	26	1647	12
7	32	2½	27	1815	4½
8	48	0	28	2058	0
9	68	5½	29	2286	7½
10	93	12	30	2530	4
11	124	12½	31	2792	4½
12	162	0	32	3072	0
13	205	15½	33	3369	1½
14	257	4	34	3680	12
15	316	4½	35	4019	8½
16	384	10	36	4074	0
17	460	9½	37	4748	12½
18	546	12	38	5144	4
19	643	½	39	5561	2½
20	750	0	40	6000	0

§. 75.

§. 75.

Was bey der Berechnung dieser Tabelle versehen ist, und ein jeder leicht einsieht, ist, daß die Gestalt des Trichters gar keinen Einfluß darein hat. Denn der Satz, wonach die Ladung der übrigen Minen aus der Probemine berechnet ist, gilt von jedem andern Körper und also auch von jedem andern Minentrichter. Valiere hätte sich also die Mühe, die Gestalt des Minentrichters zu finden, ganz ersparen können. Sollte diese in Betracht kommen, so müßte man in jedem Falle den Inhalt des Trichters berechnen, fest setzen, wie viel Pulver auf einen Cubikfuß erforderlich sey, und hieraus die ganze Ladung bestimmen. Dieß ist von Belidor geschehen, und in folgende Tabelle gebracht, worinn wiederum auf 100 Cubikfuß 115 Unzen Pulver gerechnet sind.

Kürzeste Widerstandslinie.	Inhalt des Trichters.			Pulverladung.	
Fuß.	Fuß.	Zoll.	Linien.	Pfund.	Unze.
1	1	10	1	— —	$1\frac{270}{504}$
2	14	10	3	1	$1\frac{4}{7}$
3	67	—	7	3	$12\frac{4}{7}$
4	121	1	8	8	15
5	236	9	1	17	8
6	409	3	5	30	4
7	650	4	—	48	2
8	971	5	2	72	11
9	1380	2	11	102	—
10	1896	6	7	130	—
11	2524	6	3	186	—
12	3274	7	8	242	—
13	4163	11	11	308	—
14	5201	9	4	384	—
15	6398	6	8	473	—
16	7766	2	2	574	—
17	9315	10	11	689	—
18	11059	3	11	818	—
19	13007	7	1	963	—
20	15172	3	—	1123	—
21	17565	7	7	1300	—
22	20197	2	11	1495	—
23	23080	—	3	1709	—
24	26210	10	10	1940	—
25	29627	2	8	2193	—
26	33328	2	4	2467	—
27	37321	9	11	2763	—
28	41631	4	—	3083	—
29	46253	5	8	3425	—
30	51213	5	8	3793	—

Kürzeste Widerstandslinie.	Inhalt des Trichters.			Pulverladung.	
Fuß.	Fuß.	Zoll.	Linien.	Pfund.	Unze.
31	56503	8	4	4185	—
32	62151	10	2	4602	—
33	68164	6	8	5049	—
34	74578	6	8	5519	—
35	81304	6	2	6026	—
36	88477	3	11	6544	—
37	96060	—	9	7114	—
38	104064	11	2	7708	—
39	112500	10	9	8328	—
40	121305	—	11	8985	—
41	130718	—	10	9654	—
42	140590	—	—	10367	—
43	150765	2	7	11176	—
44	161578	—	2	11968	—
45	172853	8	—	12803	—
46	184589	—	11	13574	—
47	196893	7	6	14583	—
48	209737	6	11	15535	—
49	223183	5	2	16531	—
50	337077	6	5	17560	—
51	251573	6	11	18654	—
52	266690	3	7	19754	—
53	282378	11	2	20916	—
54	298671	1	4	22076	—
55	315578	8	3	23377	—
56	333119	1	4	24675	—
57	351224	5	—	26016	—
58	370037	11	8	27409	—
59	389516	6	—	28852	—
60	409644	5	9	30342	—

§. 76.

Von den (§. 50.) angezeigten verschiedenen Meynungen über die Gestalt des Minentrichters sind nun nur noch die Müllersche und Meldercreuzische übrig. Valieren wurde von verschiedenen die Einwendung gemacht, daß man, wenn von dem herauszuhebenden Trichter die Rede wäre, nur die abgekürzte Paraboloide statt der ganzen in Anschlag bringen müsse. Belidor *) erinnerte dieß schon 1725, und nachher hat de la Chapelle **) es wiederholt. Allein da Valiere sich bey der Berechnung der Ladung so wenig nach der Gestalt des Trichters umsieht, so konnte es ihm gleichgültig seyn, welches von beyden er annahm. John Müller hat nachher die abgekürzte Paraboloide bey seiner Minentheorie zum Grunde gelegt, wovon aber erst in dem folgenden Abschnitte aus einer gewissen Ursache geredet werden kann.

§. 77.

Meldercreuzes Meynung von der Figur des Minentrichters zeige ich hier überhaupt nur an, da selbige mir so wie sein ganzer Aufsatz ***) über diese

*) Nouveau Cours de Mathematiques.

**) Abhandlung von Kegelschnitten. Uebersetzt von Prof. Bökmann. S. 213.

***) Vetensk. Academ. Handlingar. För År. 1749. Vol. X. p. 306.

se Materie ziemlich unverständlich vorkömmt. Diesen Fehler haben zwar des Verfassers Schriften alle gemein: inzwischen würde man sich dieß gefallen lassen müssen, wenn man nur nach einem mühsamen Lesen etwas brauchbares heraus brächte. Das ist aber hier der Fall nicht, wie die falschen Schlußsätze in dem gedachten Aufsatze deutlich genug zeigen. Ueberdem begeht der Verfasser gleich im Anfange einen Fehler, indem er den von dem Pulver zu trennenden Zusammenhang der Erde nach der Oberfläche des Trichters bestimmt, welches nur in dem Fall wahr ist, wenn der Trichter in einem Stücke herausgeworfen würde, welches sich meines Wissens bey den in Erde angelegten Minen noch nirgends zugetragen hat.

§. 78.

Wenn man die bisher vorgetragenen Minentheorien vergleichen will, so kann dieß in einer doppelten Hinsicht geschehen. Nämlich einmal in Hinsicht auf die angenommene oder vermeintlich gefundene Gestalt des Minentrichters, und zweytens in Hinsicht auf die Art, die Ladung nach einer gewissen Masse der Erde zu proportioniren. Was ich so wohl in Betracht des einen als des andern gefunden habe, werde ich hersetzen, ob man sich gleich keinen großen Nutzen davon versprechen darf.

§. 79.

Um die verschiedenen Gestalten, die man dem Minentrichter zugeschrieben hat, mit einander zu vergleichen, wäre nichts weiter nöthig, als nach den bekannten Methoden zur Ausrechnung dieser Körper einen Minentrichter von einer bestimmten kürzesten Widerstandslinie z. B. von 10 Fuß zu berechnen, und die herauskommenden Zahlen gegen einander zu halten. Um aber zur Vergleichung bequemere Ausdrücke zu bekommen, habe ich solche gesucht, wodurch der Inhalt auf den Würfel der kürzesten Widerstandslinie zurück geführt wird, und diese sehen so aus.

1. Wenn die kürzeste Widerstandslinie $= k$, und das Verhältniß des Diameters zur Peripherie $1 : p$ ist, so ist der Inhalt des Kegels, der halb so hoch, als der Durchmesser seiner Grundfläche ist $= \frac{k^2 p}{d} \cdot \frac{k}{3} = \frac{p k^3}{3 d} = \frac{3.1415 \, k^3}{3}$ $= 1.0471 \, k^3$. Und dieß wäre demnach der Inhalt des Minentrichters *FCG*. Fig. 1. nach Vaubans Meynung.

2. Da le Febre den Trichter für $\frac{1}{7}$ größer, als den so eben berechneten Kegel hält, so folgt hieraus, daß selbiger $= 1.1967 \, k^3$ sey.

3. Der abgekürzte Kegel *DFGE*, Fig. 2. ist unter der Bedingung, daß $FG = \frac{1}{2} DE$ sey, $= \frac{1}{3}$

$= \frac{1}{3} kp (k^2 + \frac{1}{2} k^2 + \frac{1}{4} k^2) = \frac{1}{3} kp (\frac{7}{4} k^2) = \frac{3.1415 \times 7 k^3}{12} = 1.8325 k^3$; welches also Megrignys Minentrichter vorstellt.

4. Der Paraboloide *GBEDH* Inhalt Fig. 3. wird gefunden, indem man die Grundfläche mit der halben Höhe multiplicirt. Um dieß zu können, muß man aber erst die ganze Höhe *AE* durch die kürzeste Widerstandslinie ausdrücken. Da nun bey dem gewöhnlichen Trichter allezeit $AH = AC = k$, so ist $CH^2 = AH^2 + AC^2 = 2 AC^2 = 2 k^2$ und also $CH = AF = \sqrt{2 k^2}$. Das Stück *CF* ist aber $= AF - AC = \sqrt{2 k^2} - k$, mithin $CE = \frac{1}{2} FC = \frac{\sqrt{2k^2} - k}{2}$ und folglich $AE = AC + CE = k + \frac{\sqrt{2k^2} - k}{2} = \frac{1}{2} k + \frac{1}{2} k \sqrt{2}$. Mit der Hälfte dieser so gefundenen Höhe die Grundfläche $k^2 p$ multiplicirt, giebt den Inhalt der Paraboloide $= k^2 p (\frac{1}{4} k + \frac{1}{4} k \sqrt{2}) = \frac{k^3 p + k^3 p \sqrt{2}}{4} = \frac{(p + p\sqrt{2}) k^3}{4} = \frac{7,69727}{4} k^3 = 1,9243 k^3$. Welches Valieres Minentrichter ist.

5. Um die abgekürzte Paraboloide GBDH. Fig. 3. zu berechnen, nehme man die Formel zu Hülfe, die in der Integralrechnung für ein

Stück

Stück der Paraboloide, das wie AGHC zwischen zwey parallelen Cirkelflächen eingeschlossen ist, erwiesen wird. Diese ist $\frac{cp}{4r}(m^2-n^2)$ *), worinn $r:c$ das Verhältniß des Radius zur Peripherie, p der Parameter der Parabel, $m=AE$ und $n=CE$ ist. Man drücke nun die Größen p, m und n durch die kürzeste Widerstandslinie $AC=k$ aus, so erhält man, da nach den Eigenschaften der Parabel, $\frac{k^2}{k+n}=4n$, $m=k+n$ und $p=4n$ ist, $m=\frac{1}{2}k+\frac{1}{2}k\sqrt{2}$, $n=-\frac{1}{2}k+\frac{1}{2}k\sqrt{2}$ und $p=-2k+2k\sqrt{2}$. Hierdurch wird nun $p(m-{}^2n^2)$ $=-2k^3\sqrt{2}+2k^3\sqrt{2}\sqrt{2}=(-1+\sqrt{2})$ $2k^3\sqrt{2}=2k^3(2-\sqrt{2})$, mithin $\frac{cp}{4r}(m-{}^2n^2)$ $=\frac{c}{4r}2k^3(2-\sqrt{2})=\frac{c}{2r}k^3(2-1,4142..)$ $=1,8403\,k^3$. Welches der Minentrichter nach John Müllers Behauptung ist.

§. 80.

Stellt man diese fünf Ausdrücke neben einander, so wird man aus Vergleichung der Coefficienten

*) Bezout Cours de Mathematiques à l'usage de l'Artillerie. Tome III. pag. 102.

ken von n^3 die Größe der von verschiedenen verschiedentlich angenommenen Minentrichter beurtheilen können. Man wird dabey bemerken, daß der Kegel den Minentrichter am kleinsten, die Paraboloide aber am größten macht; und daß der abgekürzte Kegel und die abgekürzte Paraboloide nicht sehr von einander abweichen. Ueberhaupt wird man aber daraus abnehmen, daß obgleich alle in gewissen Bestimmungen des Minentrichters übereinkommen, doch noch sehr beträchtliche Abweichungen dabey vorkommen.

§. 81.

Sieht man die bisher vorgetragenen Minentheorien von der Seite an, wie die Pulverladung von jedem berechnet wird, (§. 78.) so theilen sie sich von selbst in zwey Classen. Einige setzen fest, wie viel Pulver zur Hebung einer gewissen Menge von einer gewissen Erdart erforderlich sey, und lehren hiernach und nach dem bekannten Inhalt des Trichters die Ladung zu suchen. Andere dahingegen legen die Ladung einer Mine von bekannter kürzesten Widerstandslinie aus Erfahrung zum Grunde und berechnen demnächst, wie groß die Ladung einer Mine seyn muß, die entweder eine längere oder kürzere Linie des kleinsten Widerstandes hat, indem sie annehmen, daß die Ladungen sich, wie Cubikzahlen der kürzesten Widerstandslinien verhalten. Ich will jede vor sich durchgehen.

§. 82.

§. 82.

Wenn gesagt wird, eine solche Menge Pulver ist im Stande, eine solche Menge Erde zu heben, so entsteht die Frage, wie man vermögend gewesen ist, dieß auszumachen. Ich finde dieß nirgends angezeigt; wir wollen also sehen, wie es hat geschehen können. Man versuchte entweder so viel verschiedene Minenladungen, als nöthig waren, um zu bestimmen, welche unter ihnen einen Trichter machte, dessen Höhe die verlangte Verhältniß zum Durchmesser seiner Grundfläche habe, berechnete hierauf nach der Gestalt, die man demselben zu geben für gut fand, die Größe der gehobenen Erdmasse, und fand so durch Vergleichung der Erdmasse mit der Ladung, wie viel davon einem gewissen Theil der Erdmasse zukomme. Wenn man die Voraussetzung zuläßt, daß die ganze Pulverkraft auf die Hebung des Trichters angewandt wird, so ist dieß Verfahren so weit gar nicht zu tadeln. Allein man sieht leicht, daß hierdurch etwas durch einen Umweg gesucht wird, und daß man gradeweg das zweyte (§. 81.) angezeigte Verfahren, statt dessen hätte anwenden können.

§. 83.

Bey der andern Art, ausfindig zu machen, wie viel Pulver zur Hebung einer gewissen Erdmasse erforderlich sey, konnte man die Pulverproben zu Hülfe nehmen. Man erfährt durch die gewöhnliche

che Art derselben, wie viel Pfund Last eine Unze Pulver heben könne. Da dieß aber nur zur Vergleichung verschiedener Pulverarten dienen kann, und man nicht von dem Heben eines solchen Gewichts auf eine kleine Höhe, auf das Heben der Last in einer Mine schließen darf, so hat man sich vermuthlich mit einer oder andern Voraussetzung ausgeholfen, um hieraus etwas folgern zu können. Vielleicht rechnete man, daß eine gewisse Menge Pulvers, die in der Probe ein Gewicht einige Fuß hoch geworfen, in einer Mine nur halb so viel Last heben könne; oder dergleichen etwas. Wie man sich aber eigentlich dabey betragen, verschweigen alle. Inzwischen ist es höchst wahrscheinlich, daß man eine solche sehr unsichere Methode gebraucht hat, indem verschiedene es als ausgemacht annehmen, daß eine Unze Pulver 100 Pfund Last heben könne. Um hiervon Anwendung zu machen, bestimmen sie, wie viel der Cubikfuß von einer gewissen Erdart wiege, und zeigen dernnächst, wie man bey Voraussetzung einer gewissen Gestalt des Trichters die Schwere des ganzen Trichters und mithin auch die zu demselben erforderliche Ladung erfahre. Welches alles so weit richtig genug wäre, wenn es nur um den ersten Grund, worauf alles beruhet, etwas besser aussähe.

§. 84.

Die zweyte Methode zur Berechnung der Ladung war die, daß man aus der bekannten Ladung der Probemine, die einen Trichter gemacht hatte, der doppelt so weit als tief war, nach dem Ver-

hältniß der Würfel der kürzesten Widerstandslinien die Ladungen berechnete, womit tiefer oder flacher angelegte Minen, eben solche Trichter machen könnten. Ob es gleich leicht einzusehen ist, daß die ganze Ladung einer Probemine nicht bloß auf die Hebung der Last angewandt werden kann, sondern ein Theil davon durch Rückwirkungen verlohren geht, so ist diese Methode doch ganz wohl zu brauchen, so lange man nur Trichter von dem obigen Verhältniße verlanget. In der Ladung der Probemine ist dieser Theil schon mit begriffen, und wird also auch bey den übrigen mit in Rechnung gebracht. Ueberhaupt wird also bey dieser Methode am wenigsten versehen, wenn man nur in allen Erdarten, die vorkommen können, Probeminen anlegt, und sich die Ladungen derselben, nebst den kürzesten Widerstandslinien gehörig merket.

§. 85.

Wenn die vorhin angeführten Tafeln zu Minenladungen hin und wieder ohne Schaden gebraucht sind, so liegt die Ursache größtentheils darinn, daß die Probeminen, die man zum Grunde gelegt hat, gut gewesen, und die Berechnung der Tafeln auf diese Art vorgenommen ist. Megrigny sagt es ausdrücklich, daß man so rechnen müsse; Vauban rechnet so, ohne es selbst zu wissen, und Valiere gleichfalls. Man wird diese also immer sehr wohl brauchen können, wenn man nur versichert ist, daß die Ladung der Probemine sich zu dem Boden schicke, worinn man zu arbeiten vorhat, und wenn man damit zu-

frieden ist, Trichter zu erhalten, die doppelt so weit als tief sind.

§. 86.

Wenn man annimmt, wie es wahrscheinlich ist, daß man die Probemine zu diesen Tabellen auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie angelegt hat, so kann man die Verschiedenheit der Ladungen, die man angewandt hat, darnach beurtheilen. Vauban fordert in einer solchen Mine nur 82, und ein andermal 86 Pfund Pulver; Valiere 93¾, und Belidor in einer noch neuern Tafel 136 Pfund. Die verschiedene Stärke des Bodens ist hieran ohne Zweifel Schuld, denn wenn dieß nicht wäre, so könnte keine andere Ursache davon angegeben werden, als die, daß man in den neuern Zeiten das Pulver schwächer gemacht hätte, als in den ältern, welches doch wohl nicht zu vermuthen.

§. 87.

Ich will bey dieser Gelegenheit noch eine Tabelle zur Ladung der Minen von Belidor beybringen, die bloß aus der Ladung der Probemine, ohne eine gewisse Gestalt des Trichters vorauszusetzen, berechnet ist. Es ist eben diejenige, woraus ich so eben anführte, daß auf eine Mine von 10 Fuß kürzester Widerstandslinie 136 Pfund zur Ladung gerechnet würden, inzwischen scheint die Probemine doch auf 8 Fuß kürzester Widerstandslinie gemacht worden zu seyn, wobey man 70 Pfund Pulver zur Ladung gebraucht.

Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung.		Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung.	
Fuß.	Pfund.	Unzen.	Fuß.	Pfund.	Unzen.
1	—	$2\frac{3}{16}$	31	4072	—
2	1	$1\frac{1}{12}$	32	4480	—
3	3	11	33	4913	—
4	8	12	34	5373	—
5	17	1	35	5867	—
6	29	8	36	6364	—
7	46	14	37	6925	—
8	70	—	38	7502	—
9	99	—	39	8110	—
10	136	—	45	8730	—
11	181	—	41	9422	—
12	236	—	42	10129	—
13	300	—	43	10870	—
14	375	—	44	11646	—
15	461	—	45	12458	—
16	560	—	46	13307	—
17	685	—	47	14139	—
18	795	—	48	15120	—
19	937	—	49	16085	—
20	1093	—	50	17285	—
21	1264	—	51	18135	—
22	1455	—	52	19222	—
23	1663	—	53	20354	—
24	1884	—	54	21527	—
25	2136	—	55	22746	—
26	2406	—	56	24010	—
27	2691	—	57	25519	—
28	3001	—	58	26675	—
29	3335	—	59	28078	—
30	3691	—	60	29531	—

Vier=

Vierter Abschnitt.

Von einigen neuern Minentheorien, die sich von den vorhergehenden in etwas unterscheiden.

§. 88.

Megrignys Versuche liegen bey allem im vorigen Abschnitt erwähnten Minentheorien zum Grunde, wenn gleich einige darunter in solche Zeiten fallen, wo man schon bessere hatte, und wo schon die Unrichtigkeit jener Versuche durch neuere erwiesen war. Es ist bey weitem nicht so schwer, in einer Sache, die noch gar nicht theoretisch behandelt ist, eine Theorie auf die Bahn zu bringen, als es nachher Mühe kostet, den Ungrund der ersteren zu zeigen, eine richtigere an ihre Stelle zu setzen und es dahin zu bringen, daß sie allgemein angenommen werde. So geht es überhaupt in mehreren Fällen und so ist es insbesondere Belidorn in der Materie von den Minen gegangen. Inzwischen ist es hohe Zeit, daß dergleichen Vorurtheile einmal abgelegt werden, und ich werde das meinige dazu dadurch beyzutragen suchen, daß ich in diesem und dem folgenden Abschnitte Belidors Bemühungen in ihrem Anfange und Fortgange darstelle.

§. 89.

Es ist bekannt, daß Belidor als ein junger Mathematiker bey Errichtung der Artillerieschule zu la Fere zum Professor der Mathematik daselbst angesetzt wurde. Der Vortrag der theoretischen Mathematik war dabey wohl seine Hauptbeschäftigung, allein überzeugt, daß die tiefste Kenntniß derselben ohne Anwendung in allen Fällen, so wie insbesondere in den militairischen Wissenschaften nur ihren halben Werth habe, befliß er sich insbesondere darauf, diese zu vervollkommnen. Was er in dieser Absicht so wohl in den Wissenschaften des Ingenieurs, als des Artilleristen geleistet hat, ist bekannt genug, und kann nicht anders, als bekannt seyn, da man ihm in beyden Fächern so viel zu danken hat. Seine Verdienste um die Minirkunst sind aber nicht minder beträchtlich, ob sie gleich weniger anerkannt werden.

§. 90.

Damit die practischen Wissenschaften zu la Fere nicht bloß gelehrt, sondern auch geübt werden konnten, wurde in der Nähe des Orts eine Fortificationsfront, die man das Polygon nannte, erbaut, an welcher man nachher alle Arbeiten, die bey dem Angrif und der Vertheidigung der Festungen von der einen oder der andern Seite vorfallen können, vornahm. Hierbey wurden denn auch häufig Minen

nen gesprengt, und man würde es schon von einem Belidor erwarten können, daß er auf diese sonderbare Mechanik des Pulvers aufmerksam gewesen, wenn er es uns auch nicht selbst gesagt hätte. Megrignys Versuche und Vaubans Lehren stunden damals noch im Ansehen, und also wurde in den ersten zehn Jahren, und noch etwas länger alles diesen gemäß eingerichtet. Es war also kein Wunder, daß diese vieljährige Erfahrung, wie Belidor selbst sagt, wenig oder nichts neues lehrte.

§. 91.

Indessen theilte Belidor doch schon 1725 in seinem Lehrbegrif der Mathematik einige eigne Gedanken über die Minen mit, die aber mehr die Frucht eines vernünftigen Nachdenkens, als der Erfahrung waren. Indem er hierinn seine Meynung über die Berechnung der Minenladungen äusserte, übergieng er die bisher von Megrigny angenommenen Meynungen von der Wirkung des Pulvers in den Minen mit Stillschweigen, ob er gleich nachher gestund, daß sie ihm schon damals sehr paradox geschienen. Er schien eben so die Meynung gelten zu lassen, daß der Trichter und die Pulverladung sich wie Last und Kraft zu einander verhalten: nur verlangte er, daß man bey einem Schlusse von einer kleineren auf eine größere Mine, oder umgekehrt von einer größeren auf eine kleinere die Ladung nicht bloß nach dem Verhältnisse der kürzesten Wider-

standslinien verändern, sondern dabey noch auf etwas anderes Rücksicht nehmen müsse.

§. 92.

Es ist nämlich offenbar, daß das entzündete Pulver erst den Zusammenhang der Erde trennen muß, ehe es die Erdmasse selbst herausheben kann. Es muß also seine Kraft theilen und einen Theil davon auf die Cohäsion, einen andern aber auf die Schwere der Erde verwenden. Belidor räth deswegen, daß man die Probemine so anlegen soll, daß man zuerst erfahre, wie viel Pulver erforderlich sey, um die Erde, die in dem Trichter enthalten ist, ganz zu erschüttern, und zweytens, wie viel nachhero noch hinzugethan werden müsse, um die aufgelöste Erde herauszuwerfen. Da nun nach seiner damaligen Meynung die zu vernichtende Cohäsion sich nach der Oberfläche des Trichters richtet, und diese bey verschiedenen aber ähnlichen Trichtern in dem Verhältniß der Quadrate einer gleichnahmigen Seite stehen; die zu hebende Erdmasse aber sich nach der Solidität des Trichters richtet, und diese wiederum wie die Würfel einer gleichnahmigen Seite zunehmen, so will er, daß man auf diese Art die Ladungen der übrigen Minen aus der Probemine mit Rücksicht auf diese beyden Umstände berechnen solle.

§. 93.

§. 93.

Diese Berechnungsart läßt sich in allgemeinen Ausdrücken folgendergestalt darstellen. Es sey die Mine von der kürzesten Widerstandslinie a, die die Ladung $m+n$ erforderte, nämlich m Pfunde Pulver zur Trennung des Zusammenhanges und n zur Hebung der Last, man soll daraus die Ladung p für die Mine von der kürzesten Widerstandslinie b finden. Es sey der Theil der Ladung p, der auf die Cohäsion verwendet werden soll, x, so ist, da $a^2 : b^2 = m : x$, $x = \frac{mb^2}{a^2}$; man setze weiter den Theil der Ladung p, der auf die Hebung der Erdmasse verwandt werden soll, $=y$, so ist, da $a^3 : b^3 = n : y$, $y = \frac{nb^3}{a^3}$. Da nun $p = x + y$, so wird auch $p = \frac{mb^2}{a^2} + \frac{nb^3}{a^3} = \frac{amb^2 + nb^3}{a^3} = \frac{b^2}{a^3}(ma + nb)$ seyn.

§. 94.

Wenn man also durch Versuche erfahren hätte, daß eine Mine von 8 Fuß kürzester Widerstandslinie 70 Pfund zur Ladung bedürfe, nämlich 50 zur Trennung des Zusammenhanges und 20 zur Hebung der Erdmasse, so würde man nach dieser Formel leicht erfahren, wie viel die Mine, deren kürzeste Widerstandslinie 20 Fuß ist, bedürfe. Es wird

nämlich $p = \frac{(20)^2}{(8)^3} (50.8 + 20.20) = \frac{400}{512}.800$
$= \frac{320000}{512} = 625$ Pfund seyn.

§. 95.

Der Unterschied dieser Berechnungsart von derjenigen, wo man bloß nach den Würfeln der kürzesten Widerstandslinien rechnet, ist allerdings beträchtlich. Man würde nämlich, nach der Proportion $(8)^3 : (20)^3 = 512 : 8000 = 70 : p$, die Ladung p beynahe $= 1094$ gefunden haben, welches von dem vorigen Resultat um mehr als fünftehalb hundert Pfund verschieden ist.

§. 96.

Inzwischen ist der Unterschied zwischen diesen beyden Arten, die Ladung zu berechnen, nicht allemal so, daß Belidors Methode weniger giebt, als die gemeine. Es giebt vielmehr Fälle, wo dieß gerade umgekehrt statt findet. Man wird dieß deutlich wahrnehmen, wenn man die (§. 87.) mitgetheilte Tabelle, die nach der gemeinen Art berechnet ist, mit derjenigen vergleicht, die ich in dem folgenden Absatze mittheilen werde. Man wird daraus ersehen, daß die gemeine Art den Minen von 1 bis 7 Fuß kürzester Widerstandslinie zu wenig,

nig, den Minen von einer größesten kürzesten Widerstandslinie aber zu viel im Vergleich mit der Belidorschen Berechnungsart giebt.

§. 97.

Man hat, so viel ich weiß, noch nirgends berechnete Tafeln für die Minenladungen, die nach Belidors Grundsätzen eingerichtet wären, und also wird folgende, die gleichfalls von Belidor selbst herrührt, hier wohl eine Stelle verdienen. Die Erfahrung, die dabey zum Grunde gelegt worden, ist eben diejenige, woraus ich das Exempel (§. 94.) berechnet habe. Ich muß es aber unentschieden lassen, ob dieß durch Versuche gefunden, oder ob es nur eine Hypothese ist, die Belidor angenommen hat, um den Unterschied zwischen seiner und der gemeinen Rechnungsart zu zeigen. Daraus, daß Belidor eben diese Data in dem Aufsatze, der sich in seiner Mathematik befindet, braucht, könnte man auf die Gedanken fallen, daß die letztere Vermuthung statt fände, inzwischen wäre alsdenn doch nicht abzusehen, warum man die Tafel der Länge nach berechnet hätte.

Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung zur Trennung des Zusammenhanges.		Ladung zur Hebung der Last.		Ganze Ladung.	
Fuß.	Pfund.	Unze.	Pfund.	Unze.	Pfund.	Unze.
1	—	$12\frac{1}{2}$	—	$\frac{5}{8}$	—	$13\frac{1}{8}$
2	3	2	—	3	3	5
3	7	—	1	—	8	—
4	12	8	2	8	15	—
5	19	8	4	14	24	6
6	28	2	8	7	36	9
7	38	4	13	6	51	10
8	50	—	20	—	70	—
9	63	—	28	—	91	—
10	78	—	39	—	117	—
11	94	—	52	—	146	—
12	112	—	67	—	179	—
13	131	—	85	—	216	—
14	153	—	107	—	260	—
15	175	—	131	—	306	—
16	200	—	160	—	360	—
17	225	—	191	—	416	—
18	253	—	228	—	481	—
19	282	—	265	—	547	—
20	312	—	312	—	624	—
21	344	—	361	—	705	—
22	378	—	415	—	793	—
23	413	—	475	—	888	—
24	450	—	540	—	990	—
25	488	—	610	—	1098	—
26	528	—	686	—	1214	—
27	575	—	768	—	1343	—
28	612	—	857	—	1469	—
29	657	—	953	—	1610	—
30	703	—	1054	—	1757	—

Kürze-

Kürzeste Widerstandslinie.	Ladung zur Trennung des Zusammenhanges.		Ladung zur Hebung der Last.		Ganze Ladung.	
Fuß.	Pfund.	Unze.	Pfund.	Unze.	Pfund.	Unze.
31	750	—	1163	—	1913	—
32	800	—	1280	—	2080	—
33	850	—	1403	—	2253	—
34	903	—	1535	—	2438	—
35	957	—	1674	—	2631	—
36	1012	—	1822	—	2834	—
37	1069	—	1978	—	3047	—
38	1128	—	2143	—	3271	—
39	1188	—	2312	—	3500	—
40	1250	—	2500	—	3750	—
41	1313	—	2690	—	4003	—
42	1378	—	2893	—	4271	—
43	1444	—	3105	—	4549	—
44	1512	—	3327	—	4839	—
45	1582	—	3559	—	5141	—
46	1653	—	3802	—	5455	—
47	1725	—	4055	—	5780	—
48	1800	—	4320	—	6120	—
49	1875	—	4603	—	6478	—
50	1953	—	4883	—	6836	—
51	2032	—	5181	—	7223	—
52	2112	—	5492	—	7604	—
53	2196	—	5815	—	8011	—
54	2278	—	6150	—	8428	—
55	2363	—	6499	—	8862	—
56	2450	—	6860	—	9310	—
57	2536	—	7234	—	9770	—
58	2628	—	7621	—	10249	—
59	2719	—	8022	—	10741	—
60	2812	—	8437	—	11249	—

§. 98.

Wenn die Probemine auf die gewöhnliche Art angelegt wird, das heißt, so daß die Mine ihre Wirkung gehörig vollendet, so erfährt man allemal die ganze Ladung, das ist, die Summe $m+n$ (§. 93.) und die Schwierigkeit ist die, jeden Theil der Summe vor sich zu erfahren. Diese glaubte Belidor dadurch zu überwinden, daß er, wie ich bereits (§. 92.) angezeigt habe, vorschlägt, eine Mine erstlich zu schwach zu laden, nämlich so, daß man nur Merkmale davon auf der Erdfläche sieht, und sie nachhero noch mit so viel Pulver zu laden, als nöthig ist, den Trichter herauszuwerfen. Allein wider dieß Verfahren hat der Professor der Artillerieschule zu Stockholm Herr Lehnberg in den Schriften der schwedischen Akademie *) die sehr gegründete Erinnerung gemacht, daß die zu schwach geladene Mine, die nach Belidors Meynung den Theil m der Pulverladung geben sollte, selbigen nie vor sich allein, sondern allezeit schon um etwas mit n vermischt gebe. Belidor irrte sich allerdings, wenn er glaubte, daß die Pulverkraft in einer zu schwach geladenen Mine nur allein dazu angewendet werde, den Zusammenhang zu trennen. Denn wie läßt es sich gedenken, daß das 10 Fuß tief vergrabene Pulver sich nach der Entzündung aus dieser Tiefe bis an die Oberfläche hindurch arbeiten könnte, wo man

*) Svenska Vetenskaps Academ. Handlingar, för År. 1749. p. 302.

man nämlich bey solchen Minen Ritzen gewahr wird, ohne zugleich einen Theil seiner Kraft auf die Schwere des Trichters verwandt zu haben.

§. 99.

Herr Lehnberg zeigt hierauf am angeführten Orte, wie man das, was Belidor durch einen Versuch finden wollte, aber nach seiner Erinnerung nicht gefunden, durch zwey Versuche richtig erfahren könne. Wenn man zu einer Mine, deren kürzeste Widerstandslinie $= a$, die Ladung p, und zu einer andern, in eben der Erdart und von der kürzesten Widerstandslinie $= b$, die Ladung q gebraucht hat, so untersuche man, ob $q = \frac{b^3}{a^3} p$ oder $= \frac{b^2}{a^2} p$. Findet man das erste, so ist offenbar, daß die gemeine Meynung richtig ist, nämlich daß die Ladung allein zum Erheben der Erdmasse angewendet worden. Würde dahingegen der zweyte Ausdruck statt finden, so könnte man schliessen, daß die Trennung des Zusammenhanges in einer Mine das Hauptsächlichste wäre und also das Herausheben nur etwas Beyläufiges sey. Da aber wahrscheinlicher Weise keines von beyden statt finden wird, so kann man folgendes Verfahren anwenden, um zu erfahren, wie viel von der Ladung p auf das Erheben und auf die Trennung angewendet worden. Man setze, der Theil von p, der auf das Erheben verwandt worden, sey $= r$, so ist der auf das Tren-

nen

nen angewandte $= p - r$. Eben so sey von q zum Erheben gebraucht s, so ist der zum Trennen des Zusammenhanges verwandte Theil $= q - s$. Nun ist nach Belidors Voraussetzung $a^3 : b^3 = r : s$, mithin $s = \frac{b^3 r}{a^3}$. Eben so ist $a^2 : b^2 = p - r : q - s$, also auch $a^2 : b^2 = p - r : q \frac{b^3 r}{a^3}$. Dieß giebt die Gleichung $b^2 p - b^2 r = a^2 q - \frac{b^3 r}{a}$, woraus man $r = \frac{ab^2 p - a^3 q}{(a-b) b^2}$ erhält. Und da weiter der auf die Trennung des Zusammenhanges verwandte Theil der Ladung $= p - r = p - \frac{ab^2 p + a^3 q}{(a-b) b^2}$ ist, so findet man diesen dadurch $= \frac{a^3 q - b^3 p}{(a-b) b^2}$.

§. 100.

Wenn man dieß mit Erfahrungen vergleichen wollte, so müßte man solche haben, die erstlich in einerley Boden angestellt wären, und wobey man zweytens Trichter hervorgebracht hätte, die einerley Verhältniß der Höhe zum Durchmesser ihrer Grundfläche hätten. Allein von der Art finde ich kein Paar unter den vielen Versuchen, die ich vor mir habe. Ich will also aus der Belidorschen Tabelle (§. 97.) die Ladungen für Minen von 8 und

12 Fuß

12 Fuß kürzester Widerstandslinie nehmen, und annehmen, daß die dazu vorgeschriebenen Ladungen von 70 und 179 Pfund durch Versuche gefunden wären, so wird man wenigstens daraus ersehen können, daß Belidor in der Art, die Ladung auf die Cohäsion und das Heben der Masse zu vertheilen, sich geirrt habe. Durch Anwendung der vorigen Formeln findet man nämlich, daß von 179 Pfund, die zur Ladung einer solchen Mine genommen wären, $91\frac{27}{32}$ zur Hebung der Last, $87\frac{5}{32}$ aber zur Trennung der Cohäsion gebraucht worden, welches bey weitem nicht das Belidorsche Verhältniß ist, da er für das erstere 67, und für das letztere 112 Pfund rechnet.

§. 101.

Hieraus erhellt also, daß wenn Belidor auch in der Voraussetzung, daß die Pulverladung auf die Masse und die Cohäsion des Trichters in verschiedenen Verhältnissen vertheilt werde, Recht hatte, er doch in der Anwendung Fehler begangen, da er nicht den rechten Weg eingeschlagen, die Vertheilung aus den Versuchen herzuleiten. Allein es liegt, wie mich dünkt, in Belidors Hypothese selbst ein Fehler, der alles unbrauchbar macht. Es ist freylich eine ausgemachte Wahrheit, daß beym Zerbrechen eines Körpers die zu überwindende Cohäsion sich nach der Fläche des Bruchs richtet; und mit der Anwendung dieses Satzes bey Minen würde es auch seine Richtigkeit haben, wenn der Trich-

Bayerische Staatsbibliothek München

ter aus der Aushöhlung, wie eine Bombe aus dem Mörser geworfen würde, das heißt, unaufgelöst und unzertrennt. Allein dieß ist bekanntermassen der Fall nicht: die gehobene Erdmasse wird durch die Gewalt des Pulvers in unendlich viele kleine Stücke zerschmettert, daß sie wie lose Erde in und um die Aushöhlung herunter fällt. Und sollte man nun wohl noch sagen können, daß der gehobene Zusammenhang bey verschiedenen Minen in einerley Erdart sich wie die Quadrate einer gleichnamigen Seite verhalte? nunmehro da nicht der Zusammenhang in einer Fläche, sondern in einem ganzen Körper gehoben ist.

§. 102.

Inzwischen fällt alles dieß Belidorn nicht zur Last, da er hiemit nur den ersten Schritt zu einer vernünftigen Theorie in einer schweren und durch Irrthümer verwickelten Sache machte, da er dieß alles nur als eine Verbesserung der alten angenommenen Sätze im Vorschlag brachte, und da er es selbst wieder zurücknahm, nachdem mehr Erfahrung ihn anders über diesen Gegenstand zu denken gelehrt hatte. Es ist oft das Schicksal des menschlichen Verstandes, durch Irren auf Wahrheit zu gerathen, und so können auch diese nicht ganz richtige Ideen schätzbar seyn, da wir ihnen die richtigeren zu verdanken haben.

§. 103.

Er erzählt dieß selbst in seiner neuen Theorie der Minen. So bald nämlich der vorhin gedachte Aufsatz an den Kriegsminister eingesandt war, hatte er die Ordre ausgewirkt, daß die darinn vorgeschlagenen Versuche angestellt werden sollten. „Als „wir nun, sagt Belidor *), im Jahr 1725 damit „beschäftiget waren, die Ladung ausfindig zu ma„chen, welche eine Mine bedarf, bloß um den Zu„sammenhang der Erde zu trennen, trug es sich „zu, daß eine Mine von 10 Fuß kürzester Wider„standslinie, die in einer Erdart angelegt war, wo „sie nur 170 Pfund Pulver bedurfte, um einen „Trichter zu machen, dessen Durchmesser doppelt „so groß als die Tiefe wäre, einen Trichter von 27 „Fuß 3 Zoll im Durchmesser machte, nachdem sie „mit 300 Pfund Pulver geladen war. Eine an„dere Mine, deren kürzeste Widerstandslinie 15 „Fuß war, machte einen Trichter, der 40 Fuß 2 „Zoll im Durchmesser hatte, und überhaupt gaben „alle bey dieser Gelegenheit angelegte Minen Trich„ter, die bald einen grösseren bald einen kleineren „Durchmesser hatten, als die doppelte kürzeste Wi„derstandslinie, je nachdem man sie nämlich stär-

*) In den Abschriften von seiner Minentheorie, worinn viele historische Umstände angeführt sind, die sich darein nicht wohl schickten, da selbige in den Schriften der Pariser Wissenschaftsakademie abgedruckt wurde.

„ker oder schwächer geladen hatte. Hierdurch wur-
„de ich vollkommen überzeugt, daß der Durchmes-
„ser der Grundfläche des Trichters allemal in eben
„dem Verhältnisse grösser werde, als die Mine stär-
„ker geladen wird", und nicht, wie Megrigny gesehen zu haben glaubte, kleiner.

§. 104.

Er fieng hierauf mit Ernst an, über die Wirkung des in der Erde verschlossenen Schießpulvers nachzudenken, und arbeitete bey der Gelegenheit seine neue Theorie der Minen aus, die erst 1756 der Akademie der Wissenschaften, deren Mitglied Belidor damals geworden war, übergeben und in ihren Schriften gedruckt wurde. Um aber nicht etwas nicht hinlänglich durch Versuche Bestätigtes bekannt zu machen, stellte er eine große Menge Versuche auf seine eigene Kosten auf dem Landgute eines seiner Bekannten an, die er aber nie in seinen Schriften bekannt gemacht hat, weil er nichts öffentlich sagen wollte, worüber er sich nicht auf alle Officiere zu la Fere, als Augenzeugen, berufen konnte. So gerne Belidor auch sonst seine Einsichten bekannt machte, so hielt er doch mit dieser Entdeckung zurück und begnügte sich daran, dem Publikum nur einen Wink davon in seiner Theorie des Schießpulvers zu geben *).

§. 105.

*) S. 242. §. 483. der Schnellerschen Uebersetzung von Belidors vermischten Schriften.

§. 105.

Indessen wurde seine ketzerische Meynung doch durch Abschriften, die von seinem ersten Aufsatze herumgiengen, schon 1729 bekannt, und Belidor zog sich dadurch allerhand kleine Streitigkeiten zu, insbesondere deswegen, weil er dem Megrigny widersprach. Um diese zu endigen verordnete der damalige Commendant der Schule zu la Fere, Chevalier d'Abouville, daß desfalls die nöthigen Versuche gemacht werden sollten. Man legte also in verschiedenen Erdarten, wovon man schon wußte, wie viel Ladung sie erforderten, um Trichter zu machen, deren Höhe die Hälfte von dem Durchmesser ihrer Grundfläche war, eine Menge überladener Minen an und fand allemal, daß die Weite des Trichters zunehme, so wie die Ladung vergrößert werde.

§. 106.

Von allen diesen Versuchen sind aber nur zwölf aufbehalten worden, die ich in folgender Tabelle zusammengezogen habe. Die drey Erdarten, worinn die Minen angelegt wurden, waren 1) eine gelbe sandigte Erde; 2) ein mit Kies vermischter Sand, und 3) eine zähe lettigte Erde *).

*) 1. terre jaunatre et sabloneuse. 2. Sable melé de Tuf assez dure. 3. Terre glaise extremement forte.

Versuche zu la Fere 1725 und 1729.	Kürzeste Widerstandslinie.	Erdart.	Ladung.	Durchmesser des Trichters.
1	10 Fuß	2	300 Pfund	27 Fuß 3 Zoll
2	15 —	2	980 —	40 — 2 —
3	10 —	1	120 —	22 — 8 —
4	10 —	1	160 —	26 — 0 —
5	10 —	1	200 —	28 — 9 —
6	10 —	1	240 —	31 — 3 —
7	10 —	1	280 —	33 — 6 —
8	10 —	1	320 —	36 — 0 —
9	10 —	1	360 —	38 — 6 —
10	15 —	2	3600 —	70 — 0 —
11	15 —	3	2400 —	53 — 6 —
12	10 —	2	1000 —	45 — 4 —

§. 107.

Die Minen 1 und 2 sind 1725 angelegt worden, und sind eben diejenigen, die zu den übrigen Anlaß gegeben haben. (§. 103.) Die folgenden 3 bis 9 sind diejenigen, die der Commendant der Artillerieschule 1729 anstellen ließ, um die Streitigkeiten beyzulegen. Belidor gedenkt ihrer in den Abschriften von seiner neuen Theorie der Minen, giebt aber von 6, 7 und 8 die Durchmesser nicht an, die ich also aus John Müllern entlehnt habe. Eben dieser gedenkt auch, als Augenzeuge, einer Mine, die mit 1000 Pfund geladen, die Trümmer beynahe eine Meile (vermuthlich französische) weit umher geworfen habe, verschweigt aber die

nähern

nähern Umstände. Vielleicht ist es die zwölfte. Die drey letzten stehen in den gedruckten Exemplaren der Minentheorie, worinn die vorhergehenden alle verschwiegen werden; so wie hingegen die zehnte und eilfte in den Abschriften fehlen.

§. 180.

Mit diesen Versuchen war denn also der Ungrund von Megrignys Erfahrungen in der That hinlänglich an den Tag gelegt; ob sie gleich bey den mehrsten Minirern in und ausser Frankreich noch in Ansehen stehen mögen. Daß Belidor auf diese Versuche seine neue Theorie der Minen gegründet habe, ist bereits erinnert, und werde ich davon, so wie von dem, was er weiter noch aus Erfahrung gelernt hat, in dem folgenden Abschnitte handeln. In diesem werde ich nur noch von derjenigen Theorie reden, die der ehemalige Professor der Artillerie-Akademie zu Woolwich, John Müller, der den la Fereschen Versuchen mit beywohnte, davon bekannt gemacht. Sie hat unstreitig viele Vorzüge vor den bisher bekannten, ob sie gleich meines Bedünkens der wahren Belidorschen nachstehen muß.

§. 109.

John Müller *) sieht den Trichter (§. 50.) als eine abgekürzte Paraboloide an und bestrebt sich nur

*) The Attac and Defense of fortified Places, by John Müller. London 1757. 8. wobey sich S. 206 – 247 der Treatise of Mines eben dieses Verfassers befindet.

allein einen bequemen Ausdruck dafür zu finden, durch dessen Hülfe er nachher die größeren und kleineren Durchmesser der Trichter, die man durch veränderte Ladung erhält, berechnen könne; als worinn eben der Vorzug seiner Theorie eigentlich bestehet. Diesen erhält er nun auf folgende Art. Es sey das Verhältniß des Diameters zur Peripherie $1 : p$, so ist fig. 3. die Grundfläche der Paraboloide $GEH = 2p . AH^2$ und ihr Inhalt $= p . AH^2 . AE$. Eben so ist der kleinen Paraboloide BED Grundfläche $= 2p . CD^2$ und ihr Inhalt $= p . CD^2 . CE$. Mithin ist die abgekürzte Paraboloide $= p . AH^2 . AE - p . CD^2 . CE$. Nennt man nun die kürzeste Widerstandslinie AC m, die Vertiefung unter der Kammer CE n, und setzt für AH^2 und CD^2 die Werthe, die ihnen als Ordinaten einer Parabel, deren Parameter $= a$ zukommen, so wird der vorige Ausdruck der abgekürzten Paraboloide $= pa(m+n)^2 - pan^2 = pam(m+2n)$. Endlich nenne man $AF = m+2n = \sqrt{(AH^2 + AC^2)}$, b und lasse p als eine beständige und zur Vergleichung unnöthige Größe weg, so erhält man den kürzesten Ausdruck für die abgekürzte Paraboloide $= amb$, und wenn die kürzesten Widerstandslinien gleich sind $= ab$.

§. 110.

Will man hiervon Gebrauch machen, so versteht es sich von selbst, daß man eine Probemine in eben der Erdart, worinn man arbeiten will, an-

gelegt

gelegt gehabt haben muß, von welcher also die Ladung, die kürzeste Widerstandslinie und der Durchmesser des Trichters bekannt sind. Behält man nun die kürzeste Widerstandslinie der Probemine bey, so kann man entweder die Ladung verändern, und dann ist die Frage, wie der Durchmesser des Trichters beschaffen seyn werde, oder man begehrt auch einen andern Durchmesser des Trichters und fragt, wie zu dem Ende die Ladung eingerichtet werden müsse. Da ferner eben diese Fälle auch bey Veränderung der kürzesten Widerstandslinie vorkommen können, so erhellt hieraus, daß überhaupt vier Aufgaben vorfallen können, deren Auflösung ich also in der angezeigten Ordnung anführen werde.

§. 111.

Die kürzeste Widerstandslinie der Probemine wird beyhalten, die Ladung aber verändert, man soll den Durchmesser des Trichters finden. Auflösung. Da der Satz erwiesen ist, daß eine größere Ladung einen größeren und eine kleinere Ladung einen kleineren Trichter giebt, so wird man den Inhalt des Trichters der anzulegenden Mine finden, indem man zu der bekannten Ladung der Probemine, der gegebenen Ladung der anzulegenden Mine und dem bekannten Inhalt des Trichters der Probemine die vierte Proportionalzahl sucht. Dieser so gefundene Inhalt des Trichters sey $= s$, so ist im allgemeinen Ausdrucke $s = ab$ (§. 109). Da aber nach den Eigenschaften der Parabel $b = m + \frac{1}{2} a$, so

wird auch $s=a(m+\frac{1}{2}a)$. In dieser Gleichung ist nun alles gegeben, außer a, welches daraus gefunden werden kann. Denn da $s=a(m+\frac{1}{2}a)$ $=ma+\frac{1}{2}a^2$, so ist $a^2+2ma=2s$ und also a $=\sqrt{2s+m^2}-m$. Da nun weiter der Halbmesser $AH=r$, als Ordinate der Parabel die Eigenschaft hat, daß $r^2=a.\,AE$, und $AE=m+\frac{1}{4}a$, so erhält man aus $r=\sqrt{a(m+\frac{1}{4}a)}$ den halben, mithin auch den ganzen Durchmesser.

§. 112.

Exempel. Man sehe einen der obigen Versuche (§. 106.) als eine Probemine an, und berechne daraus den Durchmesser einer der übrigen Minen von gleicher kürzesten Widerstandslinie. Die dritte daselbst angezeigte Mine war mit 120 Pfund Pulver geladen, und hatte einen Trichter, der $22\frac{2}{3}$ Fuß im Durchmesser hielt. Man suche nun zuerst den Inhalt dieses Trichters, und also zu dem Ende das ihm zugehörige a und b. Nun ist $b=\sqrt{r^2+m^2}=$ $\sqrt{(11,4)^2+(10)^2}=\sqrt{229,16}=15,16$ Fuß. Ferner ist $a=4n$, und $b-m=2n$, und also $a=2$ $(b-m)=2(15,16-10)=2(5,16)=10,32$ Fuß. Mithin der Inhalt des Trichters der Probemine $=ab=15,16\times 10,32=156,5$. Da nun die vierte Mine, die wir als anzulegend ansehen, mit 160 Pfund geladen wurde, so erhält man den Inhalt ihres

ihres Trichters durch die Proportion 120 : 160 = 156, 5 : s. und also $s = \frac{160 \times 156,5}{120} = 208\frac{2}{3}$. Dieß nebst der gegebenen kürzesten Widerstandslinie in die Formel $a = \sqrt{2s + m^2} - m$ gesetzt, giebt $a = 12,7$; $\frac{1}{4}a$ beynahe = 3, 2, folglich $m + \frac{1}{4}a = 13,2$ und endlich $r = \sqrt{a(m + \frac{1}{4}a)} = \sqrt{12,7 \times 13,2} = \sqrt{176,64} = 13,2$. Dieß doppelt genommen, giebt den Durchmesser der anzulegenden Mine = 26, 4 Fuß, und also nur um 4 Zoll größer, als die Erfahrung (§. 106.) ihn gegeben hatte, welches bey so groben Versuchen, als die mit Minen sind, ein ganz unbedeutender Fehler ist.

§. 113.

Die kürzeste Widerstandslinie der Probemine wird beybehalten, man verlangt aber einen Trichter, dessen Durchmesser um ein gewisses größer oder kleiner, als der der Probemine ist, um wie viel muß zu dem Ende die Ladung verändert werden. Auflösung. Da die kürzeste Widerstandslinie m, nebst dem verlangten Durchmesser des Trichters gegeben sind, so kann man so wohl $b = \sqrt{m^2 + r^2}$, als $a = 2(b - m)$, und mithin also auch den Inhalt des Trichters $s = ab$ finden. Da nun der Inhalt des Trichters der Probemine nebst der dazu gebrauch-

ten

ten Ladung auch bekannt sind, so erhält man die Ladung der anzulegenden Mine, indem man zu dem Inhalt des Trichters der Probemine, dem Inhalt des Trichters der anzulegenden Mine und der Ladung der Probemine die vierte Proportionalzahl sucht.

§. 114.

Exempel. Der Inhalt des Trichters der dritten Mine, war (§. 112.) = 156, 5 und ihre Ladung 120 Pfund, man verlangt die Ladung der vierten Mine, deren Durchmesser 26 Fuß seyn soll. Zuerst suche man den Inhalt dieses Trichters. Zu dem Ende ist $b = \sqrt{m^2 + r^2} = \sqrt{100 + 169} = 16,4$; und $a = 2(b - m) = 2(16,4 - 10) = 12,8$. Mithin also der Inhalt des Trichters $s = ab = 16,4 \times 12,8 = 209,$ ~~29.~~ 92. Nun schließe man wie 156, 5 : 209, 92 = 120 : der gesuchten Ladung, welche 160, 96 Pfund gefunden wird, und also nicht völlig um 1 Pfund größer, als sie wirklich zu dem vierten Versuche genommen worden.

§. 115.

Man verändert die Ladung und die kürzeste Widerstandslinie der Probemine, man soll den Durchmesser des sodann entstehenden Trichters finden. Die Auflösung ist von der (§. 111.) nur wenig verschieden. Nach (§. 109.) ist hier $s = amb$, und

also

also statt b dessen Werth $m + \frac{1}{2} a$ gesetzt, $s = am (m + \frac{1}{2} a)$. Hieraus erhält man die Gleichung $a^2 + 2ma = \frac{2s}{m}$, welche gehörig behandelt $a = \sqrt{\frac{2s}{m} + m^2} - m$ giebt. Da nun auch hier $r = \sqrt{a(m + \frac{1}{4} a)}$, so läßt sich solchergestalt der Durchmesser der anzulegenden Mine oder $2r$ finden.

§. 116.

Zum Exempel mögen hier die erste und zweyte Mine (§. 106.) dienen. Die erste Mine, als Probemine betrachtet, war auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie mit 300 Pfund Pulver geladen, und machte einen Trichter, der 27, 25 Fuß im Durchmesser hatte. Man suche den Inhalt dieses Trichters, wo $m = 10$, $b = \sqrt{r^2 + m^2} = \sqrt{(13,62)^2 + (10)^2} = 16,88$, und $a = 2(b - m) = 13,76$ ist, so findet man $amb = 2322,688$. Die anzulegende Mine soll auf der kürzesten Widerstandslinie von 15 Fuß, mit 980 Pfund Pulver geladen werden, also giebt die vierte Proportionalzahl zu 300 : 980 = 2322, 688 : ihres Trichters Inhalt $s = 7587,48$. Hieraus findet man nun durch die Formel $a = \sqrt{\frac{2s}{m} + m^2} - m = 20,16$ und durch $r = \sqrt{a(m + \frac{1}{4} a)}$ den hal-

halben Durchmesser des Trichters = 20, 2; mithin den Durchmesser = 40, 4 Fuß, den der zweyte Versuch (§. 106.) = $40\frac{1}{8}$ Fuß gegeben hatte.

§. 117.

Die kürzeste Widerstandslinie, der Durchmesser des Trichters und die Ladung der Probemine sind bekannt, man verlangt die Ladung einer Mine zu wissen, die bey einer andern kürzesten Widerstandslinie einen Trichter von gegebenem Durchmesser macht. Auflösung. Man suche zuerst den Inhalt des Trichters der Probemine. Aus dem gegebenen m und r der anzulegenden Mine, erhält $b = \sqrt{r^2 + m^2}$, und $a = 2(b - m)$, und also aus $s = amb$ den Inhalt des Trichters der anzulegenden Mine. Die vierte Proportionalzahl zu dem Trichter der Probemine, dem so eben berechneten Trichter und der Ladung der Probemine giebt also die gesuchte Ladung.

§. 118.

Exempel. Die Ladung der Probemine (§. 106. 1.) sey 300 Pfund und der Inhalt ihres Trichters = 2322, 688: die anzulegende Mine soll bey der kürzesten Widerstandslinie von 15 Fuß einen Trichter machen, der $40\frac{1}{8}$ Fuß im Durchmesser hält. Nun ist $b = \sqrt{(15)^2 + (20,08)^2} = 25,06$; $a = 2(25,06 - 15) = 20,12$, und also $s = 20,12 \times 15 \times 25,06$, = 7563,

=7563,108. Das vierte Glied zu 2322, 688: 7563, 108=300: x giebt die gesuchte Ladung=976, 85 Pfund, und also nur mit einem Fehler von etwas über 3 Pfnnd.

§. 119.

Durch diese Aufgaben und ihre Auflösungen kann nun in der That fast allem, was beym Minenbau verlangt wird, ein Gnüge geleistet werden; und gewöhnlich wird nicht einmal so viel verlangt. Wie man aber sieht, so sind die Berechnungen nicht eben von der Beschaffenheit, daß sie an Ort und Stelle, wo man sie braucht, so leicht angestellt werden könnten. Also müßte dieß durch zum voraus berechnete Tafeln entbehrlich gemacht werden. Man hätte nämlich erst in so viel verschiedenen Erdarten, als man antreffen könnte, Probeminen anzulegen, von denen man die Ladungen und die kürzesten Widerstandslinien genau wüßte, und an den gesprungenen Minen müßten die Durchmesser der Trichter sehr genau gemessen werden. Den hierauf zu berechnenden Tafeln gäbe man alsdenn die Gestalt, daß die kürzeste Widerstandslinie von 5 bis 20 Fuß die Ueberschrift abgäbe, die erste Seiten-Columne die verschiedene Größe der Durchmesser der Trichter und diesen zur Seite die jedesmalige Ladung zu stehen käme. Und wie diese durch Hülfe der 2ten und 4ten Aufgabe (§. 113. 117.) aus den Probeminen zu berechnen wäre, sieht man leicht ein.

§. 120.

Der Urheber dieser Theorie hat zu solchen Tafeln selbst ein Muster gegeben. Nach Valieres Erfahrung bedarf eine Mine, deren kürzeste Widerstandslinie 10 Fuß ist, $93\frac{3}{4}$ Pfund Pulver zur Ladung, um einen Trichter zu machen, der doppelt so weit, als tief ist. Der Durchmesser dieses Trichters ist nun 20 Fuß und demnach war zu berechnen, wie die Ladung vermehrt werden müßte, wenn der Durchmesser von 2 zu 2 Fuß, zwischen 20 und 80 wachsen sollte. Die Tabelle sieht so aus.

Ladungen für Minen von 10 Fuß kürzester Widerstandslinie.

Durchmesser des Trichters.	Ladung.	Durchmesser des Trichters.	Ladung.	Durchmesser des Trichters.	Ladung.	Durchmesser des Trichters.	Ladung.
Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.	Fuß.	Pfund.
20	$93\frac{3}{4}$	36	452	52	1020	68	1842
22	150	38	502	54	1115	70	1980
24	181	40	560	56	1205	72	2098
26	217	42	639	58	1299	74	2243
28	255	44	711	60	1406	76	2372
30	297	46	773	62	1518	78	2501
32	344	48	857	64	1621	80	2648
34	394	50	946	66	1741		

§. 121.

Wenn Valiere die Erdart, wofür die von ihm angegebene Ladung gilt, so genau beschrieben hätte,

daß man sie wieder finden könnte, so hätte diese Tabelle mit Nutzen auf alle übrige Größen der kürzesten Widerstandslinie erweitert werden können. Daß dieß durch Hülfe der 4ten Aufgabe (§. 117.) geschehen könne, ist offenbar, und also würden die Tabellen für diese Erdart vollständig gewesen seyn. Es versteht sich aber, daß ähnliche für jede andere Erdart noch veranstaltet werden müßten. So aber, da Valieres Erfahrung doch unbrauchbar ist, konnte es mit der angeführten schon genug seyn.

§. 122.

Die Richtigkeit dieser Müllerschen Minentheorie erhellt schon daraus deutlich genug, daß sie mit den Erfahrungen ziemlich genau übereinstimmt. Die Exempel, die ich vorhin beygebracht habe, zeigen dieß schon deutlich genug: und es ist fast kein Zweifel übrig, daß es auch in andern Fällen so zutreffen werde. Zum Beweise hiervon will ich noch die berechneten Diameter der Minen 4 bis 9 (§. 106.) hersetzen, und mit den gemessenen vergleichen.

Minen (106.)	Durchmesser gemessen.	Durchmesser berechnet.	Rechnungs-Fehler.
	Fuß.	Fuß.	Fuß.
4	26,	26, 4	— 0, 4
5	28, 75	28, 64	— 0, 11
6	31, 33	31, 2	— 0, 13
7	33, 5	33, 2	— 0, 3
8	36,	35, 3	— 0, 7
9	38, 5	37, 4	— 1, 1

Diese Fehler sind in der That nicht so groß, daß man sie nicht gerne bey solchen Versuchen, wie die mit den Minen sind, zulassen könnte: und da wo der Fehler am größten ist, sind Müller und Belidor über den Erfolg der gesprungenen Minen uneinig, indem ersterer den gemessenen Durchmesser um einen halben Fuß kleiner angiebt, wodurch denn auch der Fehler auf 0, 6 Fuß herabfällt. Inzwischen sind es andere Ursachen, die mich davon abhalten, es bey dieser Theorie bewenden zu lassen.

§. 123.

Zuerst glaube ich, daß eine jede Minentheorie unsicher seyn wird, worinn, wie in der gegenwärtigen die Gestalt des Trichters einen Einfluß hat. Die abweichenden Meinungen verschiedener Männer, denen es nicht an Erfahrung fehlte, machen es überhaupt schon zweifelhaft, ob sich die Gestalt des Trichters jemals genau bestimmen lasse, und überdem ist die Meynung von der parabolischen Gestalt des Trichters noch erheblichen Zweifeln ausgesetzt. Ich nehme an, daß le Febvre die Gestalt des Trichters an der Mine, die er 1754 bey Potsdam angelegt gehabt, richtig angegeben habe; und alsdenn sind die Dimensionen dieses Trichters folgende: die kürzeste Widerstandslinie war = 15 Fuß, der Durchmesser des Trichters = 66 Fuß, die Tiefe des Trichters = 18 Fuß, und der Durchmesser des Trichters durch den Mittelpunkt der

Kam=

Kammer nach der Zeichnung = 33 Fuß. Sollte das Profil dieses Trichters eine Parabel seyn, so müßte die Vertiefung unter der Kammer, die hier nur 3 Fuß befunden worden, = 10, 17 Fuß, und der Durchmesser durch die Kammer, der 33 Fuß befunden wurde, = 40, 68 Fuß gewesen seyn, wie solches aus den bekannten Eigenschaften der Parabel folgt. Da aber hierinn eine so merkliche Abweichung der Rechnung von der Erfahrung gefunden wird, so kann man noch mit Recht an der parabolischen Gestalt des Trichters zweifeln. Zweytens misfällt mir eine gewisse Weitläuftigkeit in Berechnungen, wozu diese Theorie führt, die zwar an sich nicht so groß ist, aber doch immer schwer genug für diejenigen ist, denen zum Besten eine Minentheorie festgesetzt werden soll. Doch gestehe ich gerne, daß man die gegenwärtige Theorie darum allein nicht zurücksetzen dürfe. Im Fall es aber eine einfachere, kürzere und nettere gäbe, schiene es mir nicht allein zuläßig, sondern auch nöthig zu seyn. Daß es aber wirklich eine solche gebe, davon hoffe ich meine Leser in dem folgenden Abschnitte zu überzeugen.

Fünfter Abschnitt.

Theorie der Wirkungsart des Pulvers in den Minen, meist nach Belidors Erfahrungen und Lehrsätzen.

Erstes Capitel.

Von der Wirkungsart des in Erde verschlossenen Pulvers überhaupt.

§. 124.

Die Wirkungsart des Pulvers, die mehrere Jahrhunderte hindurch selbst denjenigen, die täglich damit umgiengen, ein Geheimniß gewesen war, ist endlich durch die Bemühungen vieler scharfsinniger Naturforscher des gegenwärtigen Jahrhunderts nicht allein überhaupt ausfindig gemacht, sondern die Größe dieser Wirkung ist auch auf Ausmessung gebracht worden. Johann Bernoulli zeigte am Ende des vorigen Jahrhunderts zuerst, daß in allen Körpern eine verdichtete Luft verschlossen sey und daß insbesondere die Kraft des Pulvers davon herrühre. Sein Sohn Daniel Bernoulli, führte dieß in Absicht auf das Schießpulver in seiner Hydrodynamik 1738 weiter aus, und

und dennoch wurde Robins, der sechs Jahre nachher schrieb, als der erste angesehen, der in dieser Sache etwas brauchbares geliefert habe. Seine Schrift hatte zum Theil um deswillen das Glück in die vornehmsten europäischen Sprachen übersetzt, und insbesondere bey der deutschen Uebersetzung mit den Zusätzen eines Eulers bereichert zu werden. Der Ritter Arcy betrat den Weg, den Robins gegangen war, in Frankreich aufs neue, und Herr Lambert zog aus der Vergleichung beyder ihrer Bemühungen sehr wichtige Folgen. Endlich haben der Graf Saluce und der Director Antoni, durch chymische und mechanische Versuche, zu den Entdeckungen der vorhergehenden so vieles hinzugesetzt, daß die Materie hinlänglich bearbeitet zu seyn scheint, so daß es also nur noch auf die Anwendung in der practischen Artillerie ankommt.

§. 125.

Da ich sicher annehmen darf, daß die vornehmsten Schriften der so eben genannten Männer in den Händen meiner Leser sind, so würde es eine unnöthige Weitläuftigkeit seyn, von der Wirkungsart des Pulvers überhaupt zu handeln, zumal da das Brauchbarste, was wir von der Kraft des Pulvers wissen, sich auf Versuche, die mit demselben im Geschütz angestellt sind, gründet, und eben deswegen auch beym Schießen und Werfen fast nur allein wieder seine Anwendung findet. Ich werde also sogleich mit Betrachtung der Wir-

kungsart des in der Erde verschlossenen Pulvers den Anfang machen.

§. 126.

Diese Betrachtungen würden indessen gar zu weitläuftig ausfallen, wenn man auf einmal alles mitnehmen und auf alle Umstände Rücksicht haben wollte. Ich werde also vors erste folgende Einschränkungen dabey annehmen; nämlich 1. daß der Boden, worinn die Wirkung des Pulvers geschehen soll, durchaus gleichartig sey. Es ist bekannt genug, daß die Erdrinde allenthalben aus abwechselnden Schichten bestehe, die man weder an allen Orten in gleicher Ordnung noch von gleicher Stärke antrift. Diese Erdschichten dürfen nun bey wirklicher Anlegung der Minen nicht aus der Acht gelassen werden, wenn es sonst irgend möglich ist, ihre Beschaffenheit in Erfahrung zu bringen. Aus der angezeigten Ursache aber werde ich hier ihren Einfluß auf die Wirkung des Pulvers bey Seite setzen, und die Erde bis auf die Tiefe, worauf sich die Wirkung der Minen erstrecket, als vollkommen gleichartig ansehen.

§. 127.

Die 2te Einschränkung betrift die Gestalt der Pulverkasten und Kammern. Weil die Wirkung des Pulvers, wie bekannt genug ist, sich in der Erde auf eine beträchtliche Entfernung umher erstrecket, so pflegt man selbige, als aus einem

nem Punkt entspringend, anzusehen. Man würde dieser Voraussetzung in der Ausübung am nächsten kommen, wenn man den Kammern eine kugelförmige Gestalt gäbe. Da diese aber, insbesondere bey Verfertigung der Pulverkasten, Schwierigkeiten verursachen würde, auch die mit der Kugel am nächsten verwandten Polychedrischen Körper nicht frey davon sind, so giebt man dem Pulverkasten gewöhnlich eine cubische Gestalt. Ich werde demnach auch diese anfangs voraussetzen, ob ich gleich nachher nicht unterlassen werde, die Vortheile zu zeigen, die damit verknüpft sind, wenn man in einigen Fällen von dieser Gestalt der Pulverkasten abweichet.

§. 128.

Wenn wir also annehmen, daß eine gewisse Menge Pulvers in der Erde verschlossen und auf irgend eine Art angezündet worden sey, so geschieht dieß unter den besagten Einschränkungen. Damit wir aber in der Bestimmung der daraus entstehenden Wirkung desto leichter fortkommen mögen, wollen wir den ausserwesentlichen Umstand, daß diese Wirkung sich über der Erdfläche zeigen solle, anfangs bey Seite setzen, und uns die unbestimmte Menge Pulvers, als so tief unter der Oberfläche der Erde befindlich gedenken, daß sich die Folgen davon nicht auf derselben zeigen können. Bey dem wirklichen Gebrauch der Minen wird zwar ordentlicher Weise grade das Entge-

gengesetzte gefordert, und also scheint dieser Umstand nichts weniger, als außerwesentlich zu seyn. Indessen ist er es doch wirklich, so lange von der Wirkung des in Erde verschlossenen Pulvers überhaupt die Rede ist: und in den folgenden Kapiteln wird man sehen, daß eine solche Voraussetzung uns zu allgemeinen Begriffen verhilft, die auch auf diesen Fall einen großen Einfluß haben.

§. 129.

Es sey denn also eine gewisse Menge Pulvers, die in einem cubischen Kasten verschlossen gewesen, in einer gleichförmigen Erde, aber so tief abgebrannt worden, daß ihre Wirkung sich auf der Oberfläche der Erde nirgends zeigen kann; die Frage ist dann, welche Veränderungen werden dadurch in der Erde selbst entstehen? Aus den über die Natur des Pulvers angestellten Versuchen ist bekannt, daß nach Abbrennung desselben alles so erfolge, als wenn eine sehr zusammengepreßte und nachher befreyete Luft sich ausdehnet. Statt des abgebrannten Pulvers haben wir nun also einen Klumpen zusammen gepreßter Luft, der mit dem Pulver gleichen Umfang hat, und eine elastische Kraft besitzt, die wenigstens 1000 *mal* stärker ist, als der Druck der natürlichen Luft unserer Atmosphäre. Elastische Körper dehnen sich nun, wenn ihre Elasticität durch Zusammendrücken rege gemacht ist, so lange aus, bis sie ihren natürlichen Stand wieder erreicht haben:

und also wird auch ein solcher Klumpen zusammengepreßter Luft, wenn er in freyer Luft befindlich wäre, sich so lange ausdehnen, bis er mit der Atmosphäre Gleichgewicht getroffen, und überhaupt allemal so lange, bis seine Elasticität gänzlich vernichtet ist.

§. 130.

Wie weit sich dieses Ausdehnen in der Erde erstrecke, davon wird im folgenden die Rede seyn, und es kömmt hier nur darauf an, zu zeigen, nach welcher Richtung selbiges geschehe, und was es denn eigentlich in der Erde für Veränderungen hervorbringe? Um die erste Frage zu beantworten, braucht man überhaupt nur auf die Natur elastischer Körper zu sehen. Wird die Kraft eines solchen Körpers nicht durch ein so starkes Hinderniß aufgehalten, daß selbige gänzlich dadurch vernichtet werde, so dehnet er sich nach derjenigen Seite, wo ihm das Hinderniß entgegensteht, mit dem Ueberschusse der Kraft der Elasticität über den Widerstand des Hindernisses aus. Wendet man dieß in dem gegenwärtigen Falle an, so erhellet, daß die Ausdehnung der aus dem Schießpulver entwickelten zusammengepreßten Luft nach allen Seiten geschehen werde. Da sie von allen Seiten eingeschlossen ist, so wirkt ihre Elasticität auch nach allen Seiten, zufolge der Natur elastischer Körper. Da sie mit ihrer Wirkung nirgends die Oberfläche erreichet, so kann sie an keiner Seite entwischen, folglich auch

ihre Wirkung an den übrigen Seiten dadurch nicht geschwächet werden. Und da wir endlich den Boden, worinn sie sich ausbreitet, als vollkommen gleichförmig ansehen, so muß sie sich auch deswegen nicht nur nach allen Seiten, sondern auch nach allen Seiten gleich stark ausdehnen, indem sie auf jeden Punkt der sie einschließenden Oberfläche gleich stark drucket.

§. 131.

Die Erde, die diesen Druck der höchst elastischen Luft empfindet, kann zwar nicht ausweichen, ist aber dabey von der Beschaffenheit, daß die Luft sich durch die Zwischenräume derselben einen Weg machen kann. Die große Geschwindigkeit, womit ein so sehr elastischer Körper, als derjenige ist, der aus dem Pulver erzeugt wird, sich ausdehnet, macht nun, daß dieses Durchdringen nicht etwa in einem langsamen Einsaugen in die Poros der Erde bestehe, sondern vielmehr mit einer reißenden Fahrt geschehe, wodurch die Erdtheile selbst nicht wenig erschüttert und fortgestossen werden. Diese Trennung des Zusammenhanges in der durch natürliche Schwere zusammengedrungenen und durch feinere Erdtheile, oder durch Feuchtigkeit verbundene Erde, ist also das einzigste, was hier geschehen kann. Ist der Boden sehr locker, so kann wohl durch Zusammendrücken der Erde um die Kammer eine gewisse Höhlung entstehen, die aber bey einem etwas festem

Boden

Boden wenig zu sagen haben, und überhaupt im Vergleich mit der ganzen Ausdehnung der Pulverkraft wenig in Betracht kommen wird.

§. 132.

Um sich die Begriffe von dem Ausbreiten dieser verdichteten Luft, die aus dem Pulver entwickelt worden, durch eine sinnliche Vorstellung zu erleichtern, sehe man die Pulverkammer als einen Mittelpunkt an, woraus nach allen Richtungen Strahlen der Pulverkraft hervorgehen, die mit der Geschwindigkeit fortgehen, womit entzündetes Pulver sich ausdehnet. Ein solcher Strahl wird sich zwar zum Theil durch die Zwischenräume der Erde einen Durchgang machen, mehrentheils aber doch durch die im Wege liegenden Erdtheile aufgehalten werden. Die in seiner Richtung liegenden Erdtheile werden alle erschüttert, so daß das nähere dem entfernteren die Bewegung mittheilet, und theils wegen dieser beständigen Mittheilung der Bewegung, theils auch weil sich diesem Strahle immer mehr Erdtheile darstellen, je weiter er sich von seinem Ursprunge entfernet, wird er endlich in einer gewissen Entfernung von demselben ganz zernichtet, so daß also die entfernter liegenden Erdtheile ganz unberühret und ungestört bleiben.

§. 133.

Was Einem solcher Strahlen wiederfährt, wird nun eben so allen übrigen, und wegen der

vor-

vorausgesetzten Gleichförmigkeit der Erde auch in eben der Entfernung von ihrem Ursprunge widerfahren. Hieraus folgt also, daß der ganze Umfang der Wirkung des Pulvers in die Erde eine kugelförmige Gestalt erhalten würde, wenn es wahr ist, daß alle Strahlen aus Einem Punkte entspringen. Da dieß aber bey einem cubischen Pulverkasten ohne Irrthum angenommen ist, und es hier überhaupt auf kleine Abweichungen nicht ankömmt, so können wir als fest gesetzt annehmen, daß jede Pulvermenge in einem durchaus gleichförmigen Boden eine Wirkung in Gestalt einer Kugel hervorbringe.

§. 134.

Diese Kugel werde ich in der Folge die **Wirkungssphäre** des Pulvers in der Erde nennen. Belidor verbindet mit seinem Globe de Compression fast eben diese Begriffe. Allein es scheint, als wenn dieser Name, seitdem er bekannt ist, mehr für diejenigen Minen bestimmt worden wäre, die zur Zerstörung der Kontreminen angewendet werden. Wenigstens will ich ihn der Deutlichkeit wegen bloß dafür aufbehalten, zumal da er mir auch nicht so bequem zu seyn scheint, als der von mir gewählte Ausdruck.

§. 135.

Wie leicht diese Idee von der Wirkungssphäre des in der Erde abgebrannten Pulvers sich auch dar-

darstellen mag, so ist sie doch, wie aus dem vorhergehenden erhellet, nicht die erste, worauf man zur Erklärung der Wirkung des Pulvers in den Minen verfallen ist. Es fehlt auch noch jetzo nicht an solchen, die eine gegenseitige Meynung hegen. Einige glauben nämlich überhaupt an eine solche Wirkung nach allen Seiten nicht, andere geben sie zwar zu, glauben aber nicht, daß sie bey eigentlichen Minen, die ihre Wirkung über der Erde zeigen, statt finden könne.

§. 136.

Daß das Pulver auf allen Seiten wirke, wird von denjenigen geläugnet, die dem Pulver eine besondere Neigung, aufwärts zu wirken, zuschreiben. Man hat diesen Satz wohl eher gebraucht, um gewisse Erscheinungen beym Schiessen daraus zu erklären, die aber in etwas ganz anderem ihren Grund haben. Um sich leicht heraus zu helfen, erdichtete man dieses Gesetz, das vielleicht durch nichts, als durch das Aufwärtssteigen der Flamme und des Rauches beym Abbrennen des Pulvers in freyer Luft bewiesen, und überdem durch triftige Gründe widerlegt werden kann. Das Zurücklaufen des groben Geschützes und das Steigen der Raketen zeigt deutlich genug, daß es dem Pulver gleich viel sey, zu welcher Seite es seine Wirkung äußere, da es insbesondere in dem letzten Falle so stark unterwärts wirket, daß die Rakete mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit aufwärts steiget. Doch es ist fast überflüßig, Gegen-

gengründe hierwider anzuführen, da es gar zu ungereimt ist, dem entzündeten Pulver, das sich einen Ausweg aus seinen engen Schranken sucht, eine Gabe zuzuschreiben, ohne dieß Suchen nach allen Seiten zu erstrecken, um die Oberfläche der Erde finden zu können. Ich kann mich überdem wegen der allgemeinen Eigenschaft des Pulvers, sich nach allen Seiten hin auszudehnen, auf einen Mann berufen, der bey allen, die wider die Wirkungssphäre eingenommen, im größten Ansehen steht. Vauban, der doch in seinem Zeitalter nicht die besten Begriffe von der Wirkungsart des Pulvers haben konnte, hat schon ganz richtig behauptet, daß eine in freyer Luft abgebrannte Pulverkugel eine gewisse Wirkungssphäre um sich herum bilden werde; und es ist nur zu bedauren, daß er diesen richtigen Grundsatz zum Schaden der wahren Minentheorie so schlecht angewandt hat.

§. 137.

Die so eben gedachten falschen Schlüsse, welche Vauban aus seinem Grundsatze gezogen hatte, sind es gewissermaßen auch, worauf diejenigen sich stützen, die das Entstehen einer Wirkungssphäre bey eigentlichen Minen nicht zugeben wollen. Megrigny hatte schon erfahren, daß ein Minenofen im Spielen leere Kammern eindrückte, die in der Weite der kürzesten Widerstandslinie seitwärts und unterwärts von demselben entfernt wären. Dieß

wur-

wurde also auch von Vauban und seinen Anhängern nicht geläugnet, sondern vielmehr dadurch bestätiget, daß sie alle vorschrieben, den Minenhals in der Weite der kürzesten Widerstandslinie, und noch etwas länger, wohl zu verdämmen. Sie räumen hiermit also ein, daß auch außer Luft in der Erde eine Wirkungssphäre entstehe, wie die, wovon fig. 1. den Durchschnitt *ADBE* vorstellt. Allein, sagen sie, so bald diese nur noch um etwas vergrößerte Wirkungssphäre die Erdfläche *HI* in *A* durchbricht, so wird sie unterhalb und seitwärts nicht erweitert, die übrige Pulverkraft entwischt durch diese Oefnung, und reißt bey der Geschwindigkeit, womit es herausfährt und den Ausschnitt der Wirkungssphäre *MCN* heraushebt, nur noch das Horn *FMA* und *NGA* weg.

§. 138.

Wäre dieses Vorgeben gegründet, so würde alles, was in der Folge aus dem vorhin festgesetzten Begriff von der Wirkungssphäre hergeleitet werden kann und muß, wegfallen, und vielleicht nie eine brauchbare und allgemeine Minentheorie zu Stande kommen können. Ich will auch gerne gestehen, daß sich das Gegentheil aus der Entstehung der Wirkungssphäre, unter den bisher gebrauchten Einschränkungen, nicht eigentlich erweisen läßt. Indessen mangelt es darum noch gar nicht an dem Beweisedes Gegentheils. Ich werde Erfahrungen anführen, die es klar darthun, und wenn

so die Sache selbst erwiesen ist, Gründe anführen, woraus diese Erscheinung begreiflich werden kann. Dieß wird denn also dasjenige ausmachen, was in diesem Kapitel noch abzuhandeln übrig ist.

§. 139.

So wie wir überhaupt die richtigen Begriffe von der Wirkungsart des Pulvers in der Erde Belidorn schuldig sind, so haben wir ihm auch die ersten Versuche zur Bestätigung dieser Begriffe zu verdanken. Die hieher gehörigen sind als eine Folge der (§. 106.) erzählten anzusehen, nur mit dem Unterschiede, daß, so wie jene nur allein dazu dienten, die alten fehlerhaften Theorien zu widerlegen, und vielleicht gelegentlich auf eine neue zu führen, diese zugleich darauf abzielten, eine neue fest zu setzen, und gegen Einwürfe zu rechtfertigen. Wenn jemand mehr auf die Person, als auf die Sache sähe, so könnte er daraus, daß die Theorie und die Versuche von Einer Person herrühren, und man vielleicht ehemals Versuche gar zu vortheilhaft für eine gewisse angenommene Theorie gewählt hat, hierwider Zweifel erregen. Allein außerdem, daß die Sache selbst das Gegentheil in diesem Falle bezeugen wird, sind diese Versuche verschiedentlich in Deutschland wiederhohlt worden, welche ich denn nebst den Belidorschen Versuchen anzuzeigen, nicht unterlassen werde.

§. 140.

Belidors neue Minentheorie war, wie oben bereits erwähnt, schon 1729 im Manuscript fertig, und von Stund an breiteten sich Abschriften davon in alle übrige französische Artillerieschulen aus. Von diesen liefen nun bald allerhand Aufsätze an den Verfasser ein, worinn man sich bemühete, ihm den Ungrund einer Theorie zu zeigen, die den kanonischen Lehrsätzen des Megrigny widersprach. Dahingegen fehlte es doch an der andern Seite nicht an Männern, die sich derselben, als einer auf Erfahrung gegründeten Theorie annahmen, und dieß verursachte unter den Leuten vom Handwerke neue Spaltungen, die nicht anders, als durch Erfahrungen und Versuche entschieden werden konnten. Der Commendant der Schule fand sich auch dießmal dazu willig. Es wurde also im Junius 1732 bey la Fere eine Mine angelegt, die auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie mit 1200 Pfund Pulver geladen wurde. Um die Größe der daraus zu entstehenden Wirkungssphäre in Erfahrung bringen zu können, führte man fast in der Horizontalfläche der Kammer rund um dieselbe vier Galerien, wovon die erste 25, die zweyte 30, die dritte 35, und die vierte 40 Fuß von dem Mittelpunkt derselben entfernt war, und zog endlich noch 12 Fuß tief unter den Oefen einen fünften Gang durch. Nachdem nun diese Mine den 22sten desselben Monats gespielt hatte, fand man nicht allein einen Trichter, der 45 Fuß

im Durchmesser hielt, und 16 Fuß tief war, welches sich schon nach den Versuchen (§. 106.) erwarten ließ, sondern überdem auch den größten Theil der fünf Galerien eingedruckt und ganz zerstört.

§. 141.

Dieß ist wirklich der erste Versuch, wodurch die Wirkung des Pulvers nach allen Seiten hin und weiter als die kürzeste Widerstandslinie lang war, erwiesen ist, oder, wenn man ihn aus einem andern Gesichtspunkte betrachten will, der erste Globe de Compreßion, wodurch mit Eichenholz bekleidete Minengänge eingedruckt wurden, die viermal so weit von dem Ofen entfernt lagen, als die kürzeste Widerstandslinie lang war. Zwar wird der ein und zwanzig Jahre nachher bey Bißy angelegte, gewöhnlich für den ersten gehalten: vermuthlich aber aus keiner andern Ursache, als weil die umständlichen Nachrichten von dem Erfolg dieses Versuchs nicht so bekannt geworden, als die von dem letzteren, wobey theils viele Vornehme zugegen, theils auch Militärpersonen beordert waren, einen beglaubigten Bericht davon abzustatten. Inzwischen ist der so eben erwähnte Versuch doch der erste von der Art, und die Ursache, warum der zweyte nachher angestellt wurde, war folgende. Man hätte zwar erwarten sollen, daß der erste Versuch allen Zweifel an der Belidorschen Theorie gehoben, und allen Einwendungen

dungen ein Ziel gesetzet hätte. Allein wider Erwartung fanden die Gegner derselben noch eine Ausflucht, um dem Geständnisse der Ueberzeugung auszuweichen. Es war ihnen bekannt, und Belidor hatte es selbst nicht verschwiegen, daß auf dem Uebungsfelde zu la Fere nur etwa in einer Tiefe von 10 Fuß gute Erde anzutreffen sey, und daß unter derselben eine starke Mergellage herrsche. Zwischen dieser und der guten Erde, sagten sie nun, habe das Pulver sich einen Weg geöfnet, und sey solchergestalt bis an die Galerien hindurch gedrungen, die sonst nicht eingedruckt geworden seyn würden. Sie bedachten nun hierbey freylich nicht, daß dieß sich auf die unter der Pulverkammer befindliche Galerie nicht anwenden lasse, als welche grade 13 Fuß in die gedachte Mergellage versenkt war. Inzwischen fand dieß, so ungereimt es auch war, doch Eingang bey denjenigen, die so schon Belidors Arbeiten nicht geneigt waren, und hierbey mußte Belidor es über zwanzig Jahre bewenden lassen.

§. 142.

Nach Verlauf dieser Zeit hatte er Gelegenheit, es bey dem Herzog von Belleisle dahin zu bringen, daß ein dem la Fereschen ähnlicher Versuch an einem andern Orte angestellt würde, damit man den guten Ausfall, den jener gehabt hatte, nicht länger der Gefälligkeit des Bodens um la Fere

zuschreiben könnte. Man wählte zu diesem Orte das unweit Vernon sur la Seine gelegene Landgut des Herzogs, Bissy genannt, wo man nahe bey dem Schlosse desselben im Junius 1753 in einem sandigten und steinigten Boden eine Mine, nebst den dazu gehörigen Galerien, anlegte. Man gab dem Ofen, der mit 3000 Pfund Pulver geladen wurde, eine kürzeste Widerstandslinie von 12 Fuß, und legte um denselben an jeder Seite der vier Weltgegenden einen, und also überhaupt vier Gänge an, deren jeder wegen einer Abhängigkeit, die die Oberfläche des Bodens vorzüglich von Süden nach Norden hatte, an dem einen Ende etwas tiefer gesenkt war, als an dem andern, um größtentheils parallel mit der Oberfläche zu liegen. Ihre nähere Beschaffenheit war folgende, fig. 4. Die östliche Galerie *BC*, 72 Fuß lang, hatte von *C* nach *B* einen Abhang von 6 Fuß, und war ganz ausgemauert; die südliche *CD*, 60 Fuß lang, hieng von *C* nach *D* 5 Fuß, und war von *C* bis *G* 48 Fuß lang ausgemauert, übrigens aber mit Eichenholz wohl ausgefüttert; die westliche *AD*, abermals 72 Fuß lang, hieng von *D* nach *A* 5 Fuß 4 Zoll und war überall mit Eichenholz ausgefüttert; endlich war die nordliche *AB*, so wie die südliche, 60 Fuß lang, hieng nur von *B* nach *A* 3 Fuß, und war von *B* bis *L* 48 Fuß lang ausgemauert, übrigens aber mit gutem Eichenholz vertrempelt. Die Fläche des ganzen Rechtecks *ABCD* hatte also von *D* nach *A*, das ist

auf

auf 72 Fuß, 6 Fuß 3 Zoll Abhang, und die mittlere Tiefe desselben betrug 15 Fuß, ungeachtet der Ofen selbst nur 12 Fuß tief angelegt war. Da aber jede Galerie auf 3 Fuß Breite 6 Fuß im Lichten hoch war, so kann man doch ohne merklichen Irrthum annehmen, daß die Galerien sich mit dem Ofen in Einer Fläche befunden haben. Uebrigens ward die Kammer *P* nicht in der Mitte dieses Rechtecks, sondern so gelegt, daß $PE = 24$, $PF = 30$, $PI = 36$ und $PM = 42$ Fuß lang war. Endlich hatte man in *A* einen 29 Fuß tiefen Schacht abgesenkt, und in dieser Tiefe nach der Richtung der Diagonale *AC* einen 69 Fuß langen Gang dergestalt unter den Ofen *P* durch getrieben, daß die Decke dieses Ganges *R* fig. 5. 14 Fuß tief unter dem Mittelpunkt der Kammer lag.

§. 143.

Nachdem diese Mine den 18ten Junii gespielt hatte, hinterließ sie einen Trichter, der wohlgereinigt 66 Fuß im Durchmesser hielt und 17 Fuß tief war. Bey Untersuchung der Galerien fand man, daß von dem Rechtecke *ABCD*, nur noch $AL = 12$, $AK = 18$, $HD = 12$, und $DG = 12$ Fuß übrig war, alles übrige war eingedruckt und zusammen geschmissen. Von dem unter der Minenkammer durchgeführten Gange, der von *A* bis *P* oder *T* bis *R* fig. 5.

60 Fuß lang war, war nur $TY = 24$ Fuß rückständig, der übrige Theil $YR = 36$ Fuß aber war so wie die andern Galerien verschüttet. Hieraus erhellt denn also die Wirkung des Pulvers überhaupt, sowohl in der horizontalen als vertikalen Richtung deutlich genug.

§. 144.

Die gewiß sehr beträchtliche Pulvermenge von 3000 Pfund hatte nämlich nur eine Erddicke von 12 Fuß oder noch weniger zu durchbrechen; und sobald dieß geschehen war, stund ihr nichts weiter entgegen, um sich durch diese gemachte Oefnung in die Luft auszubreiten. Dem ungeachtet sehen wir in diesem Versuche, daß sie sich in die Horizontalfläche des Ofens nicht nur so weit ausbreitet, um die Galerien nach ihren kleinsten Entfernungen PE, PF, PI und PM zu erreichen, sondern auch zugleich im Stande ist, auf eine beträchtliche Entfernung Verwüstung darinn anzurichten. Da es nun unmöglich ist, daß diejenigen Strahlen der Pulverkraft, die sich nach den besagten kürzesten Entfernungen der Gänge von dem Ofen ausgebreitet haben, noch weiter seitwärts wirken konnten, sondern vielmehr in jedem Punkt ein neuer Strahl erfordert wurde, so wird man die größte Weite, worauf ein Pulverstrahl zu wirken vermocht hat, erfahren, indem man die äußersten Gränzpunkte der Zerstörung in den Gängen B, L, K, H und G mit P zusammen hängt, und die Größe der

der dadurch entstehenden Linien *PL*, *PK*, *PH* und *PG* untersucht.

§. 145.

Diese Linien werden nun folgendergestalt leicht berechnet fig. 4. Da in dem rechtwinklichtem Triangel *PMB*, die beyden bekannten Seiten *PM* = 42 Fuß und *MB* = *PE* = 24 Fuß sind, so erhält man daraus leicht die Hypothenuse *PB* = 48, 37 Fuß. In dem Triangel *PML* findet man aus *PM* = 42 Fuß, und *ML* = *AM* — *AL* = 36 — 12 = 24 Fuß, gleichfalls die Hypothenuse *PL* = 48, 37 Fuß. Weiter sind von den drey Seiten des rechtwinklichten Triangels, *PIK* die beyden Seiten *PI* = 36, und *KI* = *AI* — *AK* = 42 — 18 = 24 Fuß bekannt, woraus die Hypothenuse *PK* = 43, 26 Fuß gefunden wird. Eben so geben *PI* = 36 und *HI* = *DI* — *DH* = 30 — 12 = 18 Fuß, die Hypothenuse *PH* = 40, 24 Fuß; und endlich die beyden Seiten *PF* = 30, und *FG* = *DF* — *DG* = 36 — 12 = 24 Fuß, die Hypothenuse *PG* = 38, 41 Fuß.

§. 146.

Sehen wir weiter auf den unter die Kammer durchgeführten Gang, fig. 5. so erhellet wiederum, daß die Pulverladung hier den Gang nicht nur nach der kürzesten Entfernung *PR*

von 14 Fuß erreicht, sondern noch so weit ihn zu zerplatzen fortgefahren habe, das von $RT = 60$ Fuß nur TY 24 Fuß stehen blieben. Der rechtwinklichte Triangel PRY hat nun eine Hypothenuse PY von 38, 62 Fuß, so wie sie nämlich aus $PR = 14$ und $RY = RT - TY = 60 - 24 = 36$ Fuß gefunden wird; und dieß war also die größte Entfernung, worauf sich die Wirkung unterwärts erstreckt hatte.

§. 147.

Hier ist also der unleugbarste Beweis für die Entstehung einer Wirkungssphäre nach dem in der Erde abgebranntem Pulver. Eine Pulverladung, die mit Durchbrechung einer Erddicke von 12 Fuß sich einen Ausweg verschaffen konnte, drang seitwärts und unterwärts noch auf 38 bis 48 Fuß in die Erde ein, und zeigte solchergestalt ihre Wirksamkeit drey bis viermal weiter, als die kürzeste Widerstandslinie lang war. Die ungleichen Entfernungen, worauf die Wirkung derselben sich erstreckte, zeigen zwar, daß selbige nicht eigentlich kugelförmig gewesen; woran wohl theils die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, theils die verschiedene Verkleidung der Gänge mit Holz oder Mauerwerk Schuld seyn mag, indem es nicht unwahrscheinlich ist, daß eine zitternde Bewegung sich in Mauerwerk mehr, als in Holzwerk ausbreite. Inzwischen ist hierdurch doch die

Wir-

Wirkung des Pulvers nach allen Seiten, auch auf größeren Entfernungen, als die kürzeste Widerstandslinie lang ist, erwiesen, und es ist gar kein Zweifel, daß sie auch kugelförmig gewesen seyn würde, wenn die Gleichförmigkeit des Bodens vorausgesetztermaaßen statt gefunden hätte.

§. 148.

So bald der Preußische Ingenieurmajor le Febvre von dem zweyten Belidorschen Versuch Nachricht erhalten hatte, beschloß er selbigen zu wiederholen. So unläugbar es ist, daß der von Belidor 1732 angestellte Versuch (§. 140.) bloß darauf abzielte, das Entstehen einer Wirkungssphäre von jeder in Erde abgebrannten Menge Pulver zu erweisen; so gewiß ist es auch, daß er mit dem zweyten von 1753 dieselbige Absicht gehabt, indem er ihn selbst für nichts anders, als eine Wiederholung des ersten ausgiebt. Inzwischen hatte er ihn doch vor seinen Landsleuten, vermuthlich um seiner Theorie mehr Freunde zu verschaffen, nur von der Seite bekannt werden lassen, daß man dadurch in den Stand gesetzt würde, die Gegenminen einer angegriffenen Festung zu zerstören. Von dieser Seite scheint er le Febvren auch nur allein bekannt geworden zu seyn, und mit diesen Aussichten wiederholte er ihn 1754 ohnweit Potsdam, so wie er denn auch acht Jahre nachher Gelegenheit hatte, den Globe de Com-

 preßion

preßion im Ernste vor Schweidnitz zu brauchen. Da Belidors wahre Minentheorie erst im Jahr 1756 gedruckt wurde, so war es le Febvren zu verzeihen, daß er den Versuch von der Seite gar nicht ansahe, ob er gleich wohl durch den Briefwechsel mit Belidorn darauf aufmerksam gemacht war. Allein, daß er bey Abfassung seines Versuchs über die Minen lange nachher *) noch von Belidors Theorie nichts wußte, ist ganz unverzeihlich, und dieser Unwissenheit hat man es zuzuschreiben, daß er in der Theorie so sehr unglücklich (§. 66.) gewesen. Inzwischen, was für Absichten er auch immer bey Anstellung seines Versuchs gehabt haben mag, so kann selbiger uns hier doch zum Beweise für die Wirkungssphäre des in der Erde entzündeten Pulvers dienen.

§. 149.

In einem sandigten Boden unweit Potsdam ließ le Febvre diesen Versuch mit einer Mine anstellen, die 15 Fuß zur kürzesten Widerstandslinie hatte, und mit 3300 Pfund Pulver geladen wurde. Ohngefähr in gleicher Tiefe mit der Pulverkammer *E*, fig. 6. führte man drey Galerien, *AC* und *DB* zu 102, und *AB* zu 60 Fuß, dergestalt

*) S. 105. der Fr. Ausgabe. Selbiger erschien 1764 zuerst, und also acht Jahr, nachdem Belidors Theorie schon gedruckt war.

gestalt herum, daß ihre kürzeste Entfernung von dem Ofen, *EF* = 24, *EL* = 36 und *EI* = 42 Fuß waren, und zog endlich unter den Ofen durch noch eine vierte Galerie, *RQ* fig. 7. deren Decke von dem Mittelpunkt des Pulvers 16 Fuß Abstand hatte. Die Mine spielte, und hinterließ nicht nur einen Trichter, der einen Durchmesser von 66 Fuß hatte, und 18 Fuß tief war, sondern auch in den Gängen, die doch viel entfernter lagen, als die kürzeste Widerstandslinie lang war, so starke Spuren von ihrer Wirkung, als man in einem so lockerm Boden nur immer erwarten konnte. Die Galerie *AB* war gänzlich eingedruckt, und von der Galerie *AC* waren nur die Stücke *AH* = 11 und *CG* = 21 Fuß, so wie von der Galerie *BD* die Stücke *KB* = $6\frac{1}{2}$ und *DM* = 20 Fuß übrig. Die grössesten Entfernungen, worinn die Pulverkraft sich in den beyden langen Gängen gezeigt hatte, waren also *EH*, *EG*, *EK* und *EM*, die, nach den angezeigten Ausmessungen berechnet, 40, 46, $50\frac{1}{2}$ und $53\frac{1}{2}$ Fuß betragen. Die Ursache zu den ziemlich beträchtlichen Abweichungen in den Entfernungen, muß in Ungleichheiten, in der Dichtigkeit des Bodens gesucht werden, da die verschiedene Vertrempelung der Gänge es nicht allein seyn kann. Die größte Entfernung *EM*, auf welche dieser Minenofen in der Horizontalfläche wirkte, scheinet zwar daher entstanden zu seyn, daß diese Strahlen auf ihrem Wege zweymal den Gang *NP* paßirten,

wo-

wodurch die Mine geladen war: inzwischen muß doch beynahe dieselbige Distanz in den beyden Gängen *DB* und *BA* geblieben seyn, weil sonst *AB* nicht ganz eingedruckt geworden seyn würde. Die kleinste Entfernung, worauf die Ladung ihre Wirkung seitwärts geäußert hatte, war in dem Gange *CA*, der doch von *A* bis *F* mit Mauerwerk ausgefüttert war, die Linie *EM*. Da *EG* selbige nur um ein weniges übertrift, so muß die Erdart an dieser Seite der Minenkammer etwas stärker, als an den übrigen gewesen seyn. Indessen ist es doch sonderbar genug, daß die Wirkungssphäre sich hier nicht so weit ins Mauerwerk ausgebreitet hat, als in den mit Holz vertrempelten Gängen, wovon doch so wohl der Natur der Sache, als dem Belidorschen Versuche (§. 145.) zufolge, das Gegentheil statt finden sollte.

§. 150.

Von eben dieser Mine, die seitwärts eine so ansehnliche Wirkung ausgeübt hatte, ließ es sich nun erwarten, daß sie auch unterwärts eine ähnliche Wirkung geäußert haben würde. Man fand selbige auch wirklich in dem Gange *QR* fig. 7. der unter die Minenkammer *E* in der Entfernung *ER* = 16 Fuß durchgeführt war. Von der ganzen Länge, welche über 60 Fuß betrug, war beynahe die Hälfte gesprengt, so daß auch hier die Wirkung des Pulvers nach der Linie *ES* sich etwa auf 38 Fuß erstreckt haben mochte.

§. 151.

Wie man also sieht, so hatte dieser le Febvresche Versuch eben den Erfolg, den der Belidorsche gehabt hatte, obgleich die Umstände, worunter und womit beyde angestellt wurden, sehr verschieden waren. Man wird daher nicht in Abrede seyn können, daß dasjenige, was der von Belidor unternommene Versuch beweisen sollte und wirklich bewies (§. 147.), dadurch hinlänglich bestätiget sey. Vernünftige Leser werden keine Beweise mehr verlangen. Indessen wird es doch niemanden unangenehm seyn, zu vernehmen, daß ein dem Belidorschen und le Febvreschen völlig ähnlicher Versuch zum zweytenmal in Deutschland angestellt worden sey, der den Erfolg der ersteren nochmals bekräftiget. Da ich selbigen aber nur aus einer kurzen Nachricht in den göttingischen gelehrten Anzeigen *) kenne, so kann ich auch nichts als das allgemeinere davon hier anführen.

§. 152.

Dieser Versuch wurde auf Anordnung der Durchl. Braunschweigischen Prinzen den 6ten December 1770 durch den Herrn Oberstlieutenant von Schneller, Chef des dasigen Minirkorps, bey Braunschweig angestellt. Eine nordwärts von die-

*) Fürs Jahr 1771. 19tes Stück. Seite 159 und 160.

dieser Stadt gelegene Schanze, die Herzog Julius 1672 bey Eroberung derselben gebraucht hatte, gab den Platz dazu ab. Um alles, was beym Angrif und der Vertheidigung der Festungen mit Minen vorgenommen werden kann, dabey anzubringen, errichtete man um den alten Schanzgraben einen bedeckten Weg mit einem contreminirten Glacis, und zog siebenzig Schritte davon eine dritte Parallele. Von hieraus avancirte man mit der Sappe, und legte demnächst den Globe de Compreßion an, wodurch die feindlichen Contreminen eingedruckt werden sollten. Selbiger war mit 2050 Pfund Pulver geladen, und brachte, wie es heißt, eine so beträchtliche Wirkungssphäre hervor, daß auf 83 Fuß unter der Erde noch die Thürstöcke eines Queerschlages zernichtet wurden. Es wäre zu wünschen gewesen, daß es dem Urheber dieser Nachricht gefallen hätte, die kürzeste Widerstandslinie dieser Mine anzuzeigen, damit man von dieser Wirkung besser urtheilen könne. Wenn man mit Berechnung der Ladung nach Belidors Theorie, wie es in der Nachricht heißt, nach derjenigen Regel verfahren, die Belidor in dem Anhange zu seiner neuen Minentheorie *) hat, so sollte die angezeigte Ladung nur kaum 7 Fuß zur kürzesten Widerstandslinie gehabt haben, und alsdenn wäre eine Wirkung auf 83 Fuß Entfernung von

*) Dessen vermischte Schriften, nach des Herrn von Schnellers Uebersetzung. §. 675. Seite 370.

von der Kammer etwas ganz unerwartetes. Dem sey aber, wie ihm wolle, so ist sie allemal unerwartet, da man aus Gründen, die ich weiterhin anbringen werde, zeigen kann, daß eine solche Ladung, wie die hier gebrauchte, auch in dem schlechtesten Boden nicht über 40 Fuß rund umher wirken könne. Ueberhaupt wird also wohl durch diesen Versuch die Wirkung des Pulvers nach allen Seiten bestätiget; zuverläßige Folgerungen lassen sich aber nicht eher daraus ziehen, bis es dem Urheber desselben gefallen wird, eine umständliche Nachricht davon bekannt zu machen, welches um so vielmehr zu wünschen ist, da zu gleicher Zeit noch mehr nützliche Erfahrungen und Versuche über die Minenlehre von ihm angestellt sind.

§. 153.

Wenn man den ersten Versuch zur Bestätigung der Wirkungssphäre des Pulvers in der Erde (§. 140.), wie billig ist, mitrechnet, so sind überhaupt vier von der Art angestellt worden. Nämlich der erste bey la Fere 1732, der zweyte bey Bißy 1753, der dritte bey Potsdam 1754 und der vierte so eben gedachte bey Braunschweig 1770. Durch so viel Versuche ist denn also das Entstehen einer Wirkungssphäre hinlänglich erwiesen, und man hat also nicht nöthig, sich auf die noch unsichern Nachrichten von den vor Schweidnitz und Bender gebrauchten Globes de

Compreßion zu berufen, die sonst freylich eben die Sache beweisen, da ihre Einrichtung und ihr Gebrauch sich gånzlich auf die Theorie der Wirkungssphåre des Pulvers grůnden, und ohne die Richtigkeit dieser Theorie ganz fruchtlos seyn můßten.

§. 154.

Es ist nicht zu låugnen, daß die bisher erwiesene Wirkungsart des Pulvers, da es allemal wenigstens viermal so weit, als die kůrzeste Widerstandslinie lang war, seitwårts in die Erde eindrang, ob es gleich auf den vierten Theil dieses Weges einen vőlligen Ausgang finden konnte, etwas befremdendes an sich habe, und fast in Erstaunen setze. Indessen so wunderbar sie auch seyn mag, so wahr ist sie doch, und es kőmmt also nur darauf an, sich das Wunderbare begreiflich zu machen. Belidor verfållt hierbey auf den Druck, den die Atmosphåre auf die Grundflåche des Trichters ausůbet, und zeigt aus bekannten Grůnden, daß selbiger eben so viel sagen wolle, als wenn ůber die Erdflåche, worunter die Mine angelegt worden, noch 20 Fuß hoch Sand aufgeschůttet gewesen wåre *). Allein die flůchtigste Vergleichung, die man nur immer zwischen diesem Satze und den vorhin gedachten Versuchen anstellen kann, zeigt bald, daß keine der dazu gebrauch-

*) Vermischte Schriften §. 621 bis 623. S. 334.

brauchten Minen einen Trichter gemacht haben würde, wenn über die Grundfläche desselben wirklich eine so hohe Lage Sand befindlich gewesen wäre. Und meines Bedünkens hat man auch gar nicht nöthig, seine Zuflucht zu dem Druck der Luft zu nehmen, da sich weit einfachere Gründe zur Erklärung dieses Phänomens selbst darbieten.

§. 155.

Es kömmt nämlich bey solchen Minen alles nur darauf an, daß die Erddicke über dem Pulver so stark ist, daß sie so lange Stand halten kann, bis die Pulverladung gänzlich entzündet ist. Ist dieß geschehen und folglich alle flüßige elastische Materie, wovon die Wirkung dieser bestimmten Pulvermenge abhängt, entwickelt worden, so fängt selbige an, auf alle Seiten der Kammer zu drücken. Die ganze Masse elastischer Materie tritt hierauf in die zunächst um die Kammer befindliche Erde ein, und breitet sich vermöge ihres natürlichen Bestrebens, sich so lange auszudehnen, bis sie mit der natürlichen Luft ins Gleichgewicht gekommen ist, wirklich so lange aus, bis dieß erfolgt ist. Findet nun auch ein Theil dieser sich ausbreitenden Pulverstrahlen einen Ausweg, so hindert dieß doch die übrigen nicht, auf ihrem Wege in der zuerst angenommenen Richtung fortzugehen, indem die Bestimmung derselben in dem Augenblicke der Entzündung geschehen

ist, und die Strahlen selbst von diesem Zeitpunkt an keine Gemeinschaft mehr mit einander haben. Ueberhaupt beruht die ganze Schwierigkeit in dieser Sache darauf, daß man sich vormals vorgestellt hat, entgegengesetzte Strahlen würden in dem Mittelpunkte der Kammer von einander unterstützet, und dann würde es freylich andem seyn, daß ein unterwärts wirkender Strahl sich auszubreiten aufhöre, so bald ein oberwärts wirkender die Oberfläche der Erde erreicht habe. So bald man aber diese irrige Vorstellung fahren läßt, wird alles ganz ohne Schwierigkeit begreiflich.

Zweytes Kapitel.

Von der Größe der Wirkungssphäre des Pulvers.

§. 156.

Nachdem die Entstehung einer Wirkungssphäre von einer jeden gegebenen Pulvermenge in der Erde vorhin erwiesen ist, so ist demnächst zu bestimmen, wie weit sich diese Wirkung jedesmal umher erstreckt, da der Grund der gegenwärtigen Theorie von dem ersteren, ihre Anwendbarkeit aber von dem letzteren abhängt. Es wird hierbey hauptsächlich auf zwey Stücke ankommen: nämlich

nämlich zu bestimmen, wie groß die Wirkungssphäre einer gewissen Pulvermenge für gewisse Erdarten ausfalle, und zu zeigen, wie man aus der Größe oer Wirkungssphäre der einen Pulvermenge, die einer andern in jeder Erdart berechnen könne.

§. 157.

Was zuerst die Berechnung einer Wirkungssphäre, die aus einer gegebenen Pulvermenge entsteht, anlanget, so könnte man freylich wohl wünschen, daß selbige ohne vorher angestellte Versuche, blos aus der bekannten Kraft des Pulvers anzustellen wäre. Allein unsre bisherigen Kenntnisse von dem Pulver reichen dazu nicht hin. Das Brauchbarste, was wir davon wissen, gründet sich auf Versuche, die mit einer oder andern Art von Geschütz angestellt sind, und ist folglich dann nur wieder anwendbar, wenn von der Geschwindigkeit die Rede ist, welche es einer Kugel beybringt, die es aus einem Rohre treibt. Dieß ist hier aber der Fall gar nicht. Man könnte die Wirkungssphäre des Pulvers in der Erde vielmehr als eine hohle erdene Kugel ansehen, die die weitere Ausbreitung der Pulverkraft eben so hindere, wie eine sehr starke eiserne Bombe selbige aufhalten würde. Eine Methode, die Stärke einer solchen hohlen Kugel zu berechnen, trägt der berühmte Mathematiker, Herr Karstens, §. 132. und 133. seiner Pnevmatik vor, und was die Dicke

der hohlen eisernen Kugel anlangt, würde man selbige sehr richtig erhalten, wenn man die Muschenbroekische Erfahrung von der zusammenhangenden Kraft des gegossenen Eisens dabey zu Hülfe nähme. Allein nach welcher Regel sollte man nun weiter den Schluß von dem Zusammenhange in Eisen auf den in Erde machen? Dieß sehe ich nicht ein, und wage daher auch hierinn keinen Versuch. Ueberhaupt aber wird man am sichersten gehen, wenn man gleich von Erfahrungen anfängt, und hieraus die nöthigen Folgerungen ziehet.

§. 158.

Die Versuche, wodurch die Größe der Wirkungssphäre also in Erfahrung gebracht werden muß, lassen sich auf zweyerley Art anstellen. Man wird hiebey schon vor sich an die (§. 142. und 149.) angeführten Belidorschen und le Febvreschen Versuche gedenken, und dieß wäre freylich die erste und natürlichste Art. Wenn sie gleich die Größe der Wirkungssphäre an verschiedenen Seiten etwas verschieden geben, so könnte doch eine Mittelzahl aus den verschiedenen Entfernungen die gesuchte Größe zum Gebrauch genau genug anzeigen. Allein die großen Kosten, die damit verknüpft sind, machen diese Methode fast unbrauchbar, und man wird also zufrieden seyn, die Grösse der Wirkungssphäre aus einer ordentlichen Mine ohne Anlegung so kostbarer Gänge zu erfahren.

§. 159.

§. 159.

Es ist demnach nur die Frage, wie man aus dem Trichter einer gesprungenen Mine die Größe der Wirkungssphäre des dazu gebrauchten Pulvers beurtheilen könne? Von den beyden Stücken, kürzeste Widerstandslinie und Durchmesser des Trichters, die nur allein nach einer gesprungenen Mine beobachtet zu werden pflegen, ist keines vor sich allein im Stande, selbige zu bestimmen. Allein so bald man sich an diejenigen Minen erinnert, wo Belidor bey einer und derselbigen kürzesten Widerstandslinie mit verschiedenen Pulverladungen, und folglich mit verschiedenen Wirkungssphären Trichter von ganz verschiedenen Durchmessern hervorbrachte, so wird man leicht gewahr, daß die gedachten beyden Stücke, mit einander verglichen, allemal die Größe der Wirkungssphäre einer gewissen Pulverladung angeben müssen. Sucht man nämlich zu der kürzesten Widerstandslinie und dem halben Durchmesser des Trichters, als die beyden kleinen Seiten eines rechtwinklichten Triangels betrachtet, die ihnen zugehörige Hypothenuse, so wird man in eben dieser Linie den Radius der Wirkungssphäre haben, die von der zu der Mine gebrauchten Pulverladung gemacht ist, wie solches sich folgendermaßen erweisen läßt. Es sey fig. 8. AGB der Trichter einer Mine, deren kürzeste Widerstandslinie DC war, mit dem Durchmesser AB; so ist BC, die Hypothenuse in dem rechtwinklichten Dreyeck DBC,

der Radius der Wirkungssphäre des zu dieser Mine angewandten Pulvers. Denn wäre *BC* es nicht, so müßte es entweder eine grössere Linie *CF* oder eine kleinere *CE* seyn. Letzteres ist unmöglich, da der halbe Durchmesser des Trichters = *DB* und nicht = *DE* befunden ist, und der Zuwachs des Diameters *EB* nicht entstanden seyn würde, wenn der größte Pulverstrahl nicht *CB* gewesen wäre. Eben so würde man der Erfahrung zuwider handeln, wenn man *CF* als den Radius der Wirkungssphäre annehmen wollte; da in solchem Falle der unbeträchtliche Rand des Trichters *BIF* ganz gewiß mit weggebrochen seyn würde. Jedoch ist hierbey überhaupt zu merken, daß der Durchmesser einer Mine nicht eher gemessen werden darf, als nachdem die lose Erde an dem innern Rande des Trichters *BI* weggeräumet worden.

§. 160.

Da uns von den Versuchen bey Bißy und Potsdam die Weite, worauf sich die Wirkung des Pulvers in die Erde umher erstreckte, und folglich der Radius der Wirkungssphäre bekannt ist, so wird es zur Probe des Gesagten dienen, wenn wir die Anwendung davon hierbey machen. In dem Belidorschen Versuche (§. 142.) hatte die Mine 12 Fuß zur kürzesten Widerstandslinie und der Trichter, der dadurch entstand, 66 Fuß im Durchmesser. Nimmt man hiervon die Hälfte, so hat man einen

nen rechtwinklichten Triangel, dessen beyde Seiten 33 und 12 Fuß betragen, und dessen Hypothenuse also etwas weniges über 35 Fuß beträgt. In dem le Febvreschen Versuche (§. 149.) war die kürzeste Widerstandslinie 15, der Durchmesser des Trichters aber 66 Fuß, und folglich erhält man die Hypothenuse des rechtwinklichten Triangels, dessen beyde Seiten 15 und 33 Fuß sind, etwas größer als 36 Fuß. Da nun die Wirkung des Pulvers in der ersten Mine sich auf 38 Fuß und an einigen Stellen darüber, die der zweyten aber auf 40 Fuß und darüber erstreckte, so erhellt hieraus wenigstens so viel, daß, wenn man den Radius der Wirkungssphäre nach der angezeigten Methode berechnet, man nicht allein wirklich auf eine so große Wirkung des Pulvers rund um die Kammer herum, sondern vielmehr noch auf eine größere, Rechnung machen könne. Inzwischen gestehe ich gerne, daß sie nicht diejenige Genauigkeit giebt, die man wohl von ihr erwarten könnte und zu wünschen Ursach hat, da die Versuche nach Belidors Art, die zum Erweise eines bezweifelten Satzes allerdings nöthig waren, bloß zum Behuf der Ausübung zu kostbar fallen.

§. 161.

Weis man also, mit welcher Art Kriegspulver man irgend einmal Minen zu sprengen haben wird, so legt man in so viel verschiedene Erdarten, als man antreffen kann, Probeminen an; und be-

 merkt

merkt die kürzesten Widerstandslinien und die Durchmesser der Trichter genau. Aus diesen berechnet man nun den Radius der Wirkungssphäre, die von der beliebig gewählten Pulverladung gemacht ist, auf die vorhin angezeigte Art. Es ist nämlich, wenn der halbe Durchmesser $= e$ und die kürzeste Widerstandslinie $= k$ ist, der Radius der Wirkungssphäre $r = \sqrt{e^2 + k^2}$, oder wenn der Durchmesser grade doppelt so groß ist, als die kürzeste Widerstandslinie $= k\sqrt{2}$. Ist solchergestalt der Radius der Wirkungssphäre von einer gewissen Ladung in verschiedener Erdart ein für allemal bekannt, so kann man damit, und mit Hülfe der im folgenden zu ertheilenden Anweisungen, Minen anlegen, deren Trichter bey einer angenommenen kürzesten Widerstandslinie jeden beliebigen Durchmesser haben.

§. 162.

Da die gegenwärtige Materie von der Beschaffenheit ist, daß eine Privatperson keine Versuche darinn anstellen kann, so werde ich mich in den hinführo anzubringenden Exempeln der Belidorschen bedienen. Die Beschaffenheit des Bodens ist (§. 106.) hinlänglich angezeigt, so daß man ihn nach den angegebenen Merkmalen wird wieder finden können. Von diesen erzählt nun Belidor, daß man, um Trichter hervorzubringen,

die

die auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie Durchmesser von 20 Fuß hatten, die Minen in der ersten Erdart mit 100, in der zweyten mit 170 und in der dritten mit 200 Pfund Pulver laden mußte; und dieß konnte er mit aller möglichen Präcision wissen, da die sämmtlichen und sehr zahlreichen la Fereschen Versuche in diesen drey verschiedenen Erdarten angestellt wurden, und da man damals nur vorzüglich Minen von der besagten Beschaffenheit anzulegen pflegte und folglich bey diesen um so viel aufmerksamer gewesen ist. Hieraus folgt denn also, daß jede der drey verschiedenen Pulverladungen in den verschiedenen Erdarten eine Wirkungssphäre hervorgebracht habe, deren Radius = $\sqrt{200} = 14,142$ Fuß war.

§. 163.

Wenn so die Wirkungssphäre einer gewissen Pulvermenge in allen verschiedenen Erdarten bekannt ist, so müssen diejenigen daraus bestimmt werden, die von kleineren oder größeren Ladungen in eben derselben entstehen können. Man wird dieß ohne weitere Versuche berechnen können, wenn man annimmt, daß die Wirkung des Pulvers mit der Menge desselben in Verhältniß stehe, so daß also eine zwey, drey oder *n* fache Menge eine zwey, drey oder *n* mal größere Wirkungssphäre hervorbringe. Da nun die Wirkungssphären in gleichförmiger Erde und bey kubischen Kasten, wie hier angenommen ist, allemal kugelförmig sind, so müs-

sen die von vielfach größeren Pulvermengen entstehenden Wirkungssphären sich auch zu den einfachen verhalten, wie es überhaupt von Kugeln bekannt ist, das heißt, wie die Würfel ihrer Radien.

§. 164.

Wenn also die Pulvermenge a eine Wirkungssphäre hervorbringt, deren Radius $= r$, so wird die Pulvermenge $2a$ eine andere hervorbringen, deren Radius $= r\sqrt[3]{2}$ ist. Denn da nach §. 163. $a : 2a = r^3 : \frac{2ar^3}{a}$ ist, so ist der Würfel des Radius der Wirkungssphäre der doppelten Pulvermenge $= \frac{2ar^3}{a} = 2r^3$; mithin dessen Radius $= \sqrt[3]{2r^3} = r\sqrt[3]{2}$. Eben so giebt nun die Pulvermenge $3a$ die Wirkungssphäre, deren Radius $= r\sqrt[3]{3}$, die Pulvermenge $4a$ eine andere, deren Radius $= r\sqrt[3]{4}$ und überhaupt eine jede vielfache Ladung na eine, deren Radius $= r\sqrt[3]{n}$, n mag eine ganze oder gebrochne Zahl seyn.

§. 165.

Man wird sich von der Richtigkeit so wohl dieser Regel, als der Sache selbst am besten überzeugen,

gen, wenn man selbige mit der Erfahrung überein-stimmend findet, und ich will deswegen ein Beyspiel beybringen, daß sich auf Versuche gründet. Belidor berichtet, daß 300 Pfund Pulver eine Wirkungssphäre hervorgebracht, deren Radius $17\frac{1}{2}$ Fuß war, und daß 1000 Pfund in eben der Erdart eine Wirkungssphäre mit dem Radius $26\frac{1}{2}$ Fuß gemacht. Gesetzt dieser wäre nicht bekannt, und man wollte ihn aus dem ersten Versuche berechnen, so würde hier, da $n = 3\frac{1}{3} = \frac{10}{3}$ und $r = 17\frac{1}{2} = 17,5$, der gesuchte Radius der Wirkungssphäre $= 17,5\sqrt[3]{\frac{10}{3}}$ seyn. Dieß mit Logarithmen berechnet, giebt

$$
\begin{array}{ll}
l.\ 10 & = 1.\ 0000000 \\
l.\ 3 & = 0.\ 4771212 \\
\hline
l.\ \frac{10}{3} & = 0.\ 5228687 \\
\hline
l.\ \sqrt[3]{\frac{10}{3}} & = 0.\ 1742895 \\
l.\ 17,5 & = 1.\ 2430380 \\
\hline
l.\ 17,5\sqrt[3]{\frac{10}{3}} & = 1.\ 4173275
\end{array}
$$

welcher der Zahl 26, 141 zugehört und also den Radius der Wirkungssphäre mit der Erfahrung bis auf einige Zoll nach genau übereinstimmend anzeiget.

§. 166.

Wenn von einer Probemine die kürzeste Widerstandslinie und der Durchmesser des Trichters bekannt

kannt sind, so kann man nach der (§. 159.) ertheilten Anweisung den Radius der Wirkungssphäre berechnen, und hiemit hat man also noch ein bequemes Mittel, die eben vorgetragene Rechnungsart auf die Probe zu setzen. Man nehme desfalls die (§. 106.) angeführten Belidorschen Versuche, und berechne aus den dabey angezeigten kürzesten Widerstandslinien und den halben Durchmessern, als Seiten eines rechtwinklichten Triangels betrachtet, die Hypothenusen, so hat man die Radien der Wirkungssphären, die von den angezeigten Pulverladungen hervorgebracht sind. Eben diese erhält man aber auch, wenn man die (§. 162.) angeführten Normal-Versuche zum Grunde legt und nach der Methode (§. 165.) verfährt. Stimmt nun das letztere Resultat mit dem ersteren überein, so ist dieß noch ein neuer Beweis für die Richtigkeit dieser Methode.

§. 167.

Es versteht sich von selbst, daß man hiebey auf die Erdart, worinn die Mine angelegt worden, Rücksicht nehmen, und darnach unter den drey Normal-Versuchen (§. 162.) wählen muß. Ich will zum Beyspiele den 8ten Versuch (§. 106.) nehmen, und die Berechnung auf beyde Arten hersetzen. Die kürzeste Widerstandslinie war 10, und der halbe Durchmesser des Trichters 18 Fuß, mithin ist

nach

nach (§. 161.) der Radius der Wirkungssphäre $= \sqrt{324 + 100} = \sqrt{424} = 20,59$ Fuß. Die Pulverladung, die hierzu verwandt wurde, war 320 Pfund, und da der Versuch in der ersten der drey von Belidor beschriebenen Erdarten angestellt war, so ist $n = \frac{320}{100} = \frac{16}{5}$, $r = 14,142$; mithin der Radius der Wirkungssphäre blos aus der Pulverladung hergeleitet $= 14,142 \sqrt[3]{\frac{16}{5}}$. Dieß mit Logarithmen berechnet, giebt

$$
\begin{array}{ll}
l.\ 16 & = 1.\ 2041200 \\
l.\ 5 & = 0.\ 6989700 \\
\hline
l.\ \frac{16}{5} & = 0.\ 5051500 \\
\hline
l.\ \sqrt[3]{\frac{16}{5}} & = 0.\ 1683866 \\
l.\ 14,142 & = 1.\ 1505150 \\
\hline
l.\ 14,142\sqrt[3]{\frac{16}{5}} & = 1.\ 3199016
\end{array}
$$

den Radius der Wirkungssphäre = 20,88 Fuß, und also nur um 2 Zoll größer, als er eben vorher gefunden worden, welcher Irrthum in practischen Sachen für nichts zu achten ist.

§. 168.

Wer nicht gewohnt ist, nach allgemeinen Ausdrücken und mit Logarithmen zu rechnen, kann sich statt

statt dessen der Regel de Tri und der Ausziehung der Cubikwurzel bedienen. Man schließt alsdenn: Wie die Ladung der Probemine zu der angenommenen Ladung, so der Würfel des Radius der Wirkungssphäre in der Probemine, zu dem Würfel des gesuchten Radius der Wirkungssphäre. Die Ladungen der Probeminen sind nun nach Beschaffenheit der drey Erdarten 100, 170 oder 200 Pfund. Der Würfel ihres Radius der Wirkungssphäre ist = 2828, 427; statt dessen Belidor 2829 braucht. Aus diesen Datis wird man also bey einer beliebig angenommenen Ladung den Würfel des gesuchten Radius der Wirkungssphäre und mithin durch Ausziehung der Cubikwurzel den Radius selbst erhalten können; wiewohl durch eine weit beschwerlichere Rechnung, als wenn man sich der Logarithmen bedient.

§. 169.

Nach der Methode (§. 165.) habe ich die Radien der Wirkungssphäre für Pulverladungen von 50 bis 3000 Pfund berechnet, die ich hier in einer Tabelle hersetze, um in der Folge Gebrauch davon zu machen.

Pulverladungen.	Radien der Wirkungssphäre in drey verschiedenen Erdarten. 1.	2.	3.
Pfund.	Fuß.	Fuß.	Fuß.
50	11, 229	9, 401	8, 901
100	14, 142	11, 847	11, 220
150	16, 189	13, 563	12, 848
200	17, 817	14, 928	14, 141
250	19, 192	16, 080	15, 233
300	20, 395	17, 088	16, 187
350	21, 470	17, 990	17, 041
400	22, 393	18, 808	17, 817
450	23, 346	19, 561	18, 530
500	24, 181	20, 260	19, 192
600	25, 296	21, 530	20, 395
700	27, 051	22, 648	21, 470
800	28, 282	23, 627	22, 393
900	29, 453	24, 628	23, 346
1000	30, 466	25, 507	24, 181
1500	34, 875	28, 990	27, 681
2000	38, 385	32, 187	30, 466
2500	41, 350	34, 645	32, 827
3000	43, 949	36, 819	34, 882

Drit=

Drittes Capitel.

Von der Lage der Wirkungssphäre in Rücksicht auf die nächste Oberfläche.

§. 170.

Die Wirkungssphäre, deren Daseyn und Größe wir bisher betrachtet haben, würde in der großen Entfernung von der Oberfläche der Erde, worinn wir sie bisher, um allgemeine Begriffe zu erlangen, gesetzt haben, mehrentheils von keinem Nutzen seyn, oder wenigstens doch nicht diejenige Wirkung hervorbringen, die man ordentlicher Weise von Minen verlangt. Allein was sie so, ihrer Lage wegen nicht leisten konnte, wird erfolgen, wenn man sie näher an den Horizont rückt; und also wird es nöthig seyn, die verschiedenen Lagen, die sie in Absicht auf den Horizont haben kann, durchzugehen, und demnächst die brauchbaren und vortheilhaftesten auszulesen.

§. 171.

Wenn eine Kugel mit einer Ebene in Verbindung gesetzt wird, so ist der erste Fall hierbey der, da die Ebene die Kugel berühret, und dieß findet bey der Wirkungssphäre statt, wenn der Radius, der senkrecht auf die nächste Oberfläche gezogen werden kann, selbige erreichet, aber weder darüber noch darun-

ter

ter fällt. Der zweyte Fall ist der, wo die Ebene, mit der berührenden parallel, grade durch den Mittelpunkt der Kugel gehet; und zu dem dritten rechne ich alle diejenigen Lagen der Ebene, die man ihr zwischen den beyden vorigen und parallel mit denselben längst der ganzen Länge des auf die berührende Ebene senkrechten Radius der Wirkungssphäre geben kann. Diese dreyerley Lagen sind zu unserer Absicht hinreichend, und also ist es überflüßig, die übrigen möglichen Fälle hier zu erörtern.

§. 172.

Da man nach Anweisung des vorigen Capitels im Stande ist, den Radius der Wirkungssphäre von einer jeden Pulvermenge aus gewissen zum Grunde gelegten Versuchen zu berechnen, so würde es leicht seyn, die Tiefe der Pulverkammer unter der Erdfläche zu bestimmen, wenn man Minen von der Art anlegen wollte, daß der Radius der Wirkungssphäre nur die Erdfläche berührt. Allein man bedient sich derselben ordentlicher Weise nicht, und also bedarf dieser Fall auch aus der Ursache keine weitere Untersuchung. Mit dem dritten Falle, wo die, die Kugel schneidende Fläche grade durch die Kammer geht, hat es eben die Bewandniß, indem auch bey dieser Lage der Wirkungssphäre keine gewöhnliche Mine möglich ist. Es bleiben also für die gegenwärtige Betrachtung nur diejenigen Fälle übrig, wo die kürzeste Widerstandslinie kleiner als der Radius der Wirkungssphäre ist.

§. 173.

Um diese noch sehr mannichfaltige Fälle auf eine bestimmte Anzahl zu bringen, nehme man an, daß der Radius der Wirkungssphäre, den man, er mag so groß oder so klein seyn, als er wolle, beständig = 1 setzen kann, in 10, 100 oder eine jede andere Zahl gleicher Theile eingetheilt sey, und gebe der zu der Wirkungssphäre gehörigen Pulverladung kürzeste Widerstandslinien, die dem nach und nach um 1, 2, 3, u. s. w. solcher Theile verminderten Radius der Wirkungssphäre gleich sind. Es sey also zum Beyspiel fig. 9. der Radius der Wirkungssphäre *AB* in zehn gleiche Theile getheilt, so wird man mit derjenigen Pulverladung, die diese Wirkungssphäre hervorbringt, Minen anlegen können, die neun verschiedene kürzeste Widerstandslinien haben, und die eben so viele ganz von einander verschiedene Trichter geben. So wie man nämlich der kürzesten Widerstandslinie wenigere Theile des Radius der Wirkungssphäre giebt, so fällt auch nach und nach ein größerer Abschnitt der Wirkungssphäre über den Horizont, und in eben dem Verhältniß, worinn die Höhe des Abschnitts zunimmt, nimmt die Höhe des Kegels ab, der Durchmesser der Grundfläche desselben aber zu. Man hat demnach für die kürzesten Widerstandslinien 9 *B*, 8 *B*., ... 1 *B*, die Kegel *cBd*, *eBf*...., *tBu*, welche von eben so vielen Trichtern wenigstens das Hauptsächlichste ausmachen.

§. 174.

§. 174.

Das Verfahren in diesem Beyspiele ist ganz allgemein, und giebt uns zugleich die deutlichsten Begriffe von der Entstehung eines Minentrichters. So bald nämlich die kürzeste Widerstandslinie kleiner, als der Radius der Wirkungssphäre ist, fällt ein Abschnitt der Wirkungssphäre über den Horizont oder die nächste Erdfläche. Von der Pulverladung, welche die Wirkungssphäre hervorzubringen im Stande ist, wird derjenige Theil, der sonst auf den nun fehlenden Abschnitt verwandt worden wäre, gleichsam überflüßig. Da er nicht vernichtet werden kann, so muß er irgendwo seine Wirkung äussern; dieß kann nun nirgend anderswo, als auf demjenigen Ausschnitt der Wirkungssphäre geschehen, wozu er einmal bestimmt ist; und da von diesem der Abschnitt fehlt, der ihm zugehörige Kegel aber nur allein übrig ist, so wird auch hierauf die für den Abschnitt bestimmte Pulverkraft verwandt. Da aber der dem Kegel zukommende Theil der Pulverkraft schon eine Wirkungssphäre in demselben hervorgebracht hat, so wird die hinzukommende Pulverkraft mehr als dieß thun müssen, das heißt, sie wird den Kegel herausheben.

§. 175.

Diese natürliche Vorstellung von der Entstehungsart eines Trichters wird im folgenden noch eine weitere Untersuchung verdienen. Hier werde ich

eigentlich nur die verschiedenen Verhältnisse der kürzesten Widerstandslinie zu dem Durchmesser des Trichters untersuchen: zuvor aber noch folgende Anmerkung beyfügen. Wenn die kürzeste Widerstandslinie einer Pulverladung, die die Wirkungssphäre von dem Radius *AB* hervorbringt, 6 *B* ist, so fällt der Abschnitt *i A k* über die Horizontallinie *IK*, und die ihm zukommende Pulverkraft wird auf der Heraushebung des Kegels *i B k*, der mit ihm den Kegelausschnitt *i A k B* ausmacht, angewendet. Hieraus muß man aber meiner Absicht zuwider nicht folgern, daß der nunmehr entstehende Minentrichter bloß der Kegel *i B k* sey, dieß würde mit der Erfahrung streiten, welche lehrt, daß die Kraft des Pulvers unter der Kammer *B* eine Vertiefung macht, und daß die Seitenwände des Trichters, statt der graden Linien *i B* und *k B*, unterwärts gebogene machen. Ich werde hievon weiter unten reden; indessen ist so viel gewiß, daß der Durchmesser des Trichters *i k* hierdurch gar nicht geändert werde. Denn da die Radien der Wirkungssphäre *i B* und *k B* dem Radius *AB* gleich sind, und dieser nach (§. 159.) eigentlich aus den bey Probeminen befundenen Durchmessern hergeleitet wird, so wird der Schluß von demselben rückwärts auf den Durchmesser des Trichters auch statt finden müssen.

§. 176.

So wie nun die Versuche (§. 106.) überhaupt lehrten, daß das bis dahin für beständig gehaltene

Ver-

Verhältniß zwischen der kürzesten Widerstandslinie und dem Durchmesser des Trichters nichts weniger als beständig, sondern vielmehr sehr veränderlich sey, so sind wir jetzo im Stande, die verschiedenen Verhältnisse, die statt finden können, ohne weitere Versuche zu bestimmen, als wodurch selbiges auch nicht einmal, wenigstens nicht ohne große Weitläuftigkeit, zu erhalten möglich wäre. Zu dem Ende betrachte man die in dem Quadranten AB^2 befindlichen Linien, so ist einleuchtend, daß, wenn AB der Sinus totus ist, die auf demselben senkrecht stehenden halben Durchmesser der Trichter $d9$, $f8$, ... $v1$ Sinusse und die denselben zugehörigen kürzesten Widerstandslinien $9B$, $8B$ ... $1B$ Cosinusse sind. Man erhält also die hier gesuchten Verhältnisse derselben durch bloßes Abschreiben aus den Sinustafeln, indem man die Sinusse darinn aufsucht, die so nahe als möglich ist $\frac{9}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{7}{10}$ u. s. w. des Sinus totus sind, und die ihnen entsprechenden Cosinusse auszeichnet. Diese geben zwar nur die halben Durchmesser der Trichter, wenn jene die kürzesten Widerstandslinien anzeigen, man hat sie aber nur doppelt zu nehmen, um die Durchmesser selbst zu erhalten.

§. 177.

Auf diese Art erhält man für den Fall fig. 9. wo der Radius der Wirkungssphäre in zehn Theile eingetheilt worden, folgende Verhältnisse zwischen

den kürzesten Widerstandslinien und den Durchmessern der möglichen Trichter, in Theilen des Radius der Wirkungssphäre, der = 1 gesetzt ist, ausgedruckt.

Kürzeste Widerstands-linien.	Durchmesser der Trichter.	Winkel in der Spitze des Minenkegels.
0,9 —	— 0, 9	— 51° 40′
0,8 —	— 1, 2	— 73° 46′
0,7 —	— 1, 4	— 91° 8′
0,6 —	— 1, 6	— 106° 14′
0,5 —	— 1, 7	— 120° 0′
0,4 —	— 1, 8	— 132° 50′
0,3 —	— 1, 9	— 145° 4′
0,2 —	— 1, 95	— 156° 54′
0,1 —	— 1, 99	— 168° 32′

Zum Ueberflusse sind noch die Winkel, die die Seiten des Trichters oder des Minenkegels einschließen, mit angezeigt worden, welche wenigstens dazu dienen, zu zeigen, wie weit diese verschiedenen Trichter von dem bis daher allein angenommenen rechtwinklichten Trichter abweichen. Die hier angenommene Eintheilung des Radius der Wirkungssphäre in zehn Theile hat es so gar verhindert, daß dieser nicht mit hinein gekommen ist, obgleich der Fall, wo die kürzeste Widerstandslinie = 0, 7 des Radius der Wirkungssphäre ist, ihm sehr

nahe

nahe kömmt. Eigentlich wäre im Fall des rechtwinklichten Trichters die kürzeste Widerstandslinie = 0, 7071 des Radius der Wirkungssphäre und der Durchmesser des alsdenn entstehenden Trichters also = 1, 4142 solcher Theile.

§. 178.

Ist der Radius der Wirkungssphäre von einer gewissen Pulvermenge als z. B. 500 Pfund gegeben, so bringt man die vorhin angezeigten Verhältnisse leicht auf gewöhnliches Fußmaaß. Nach (§. 169.) ist selbiger in mittelmäßiger Erde etwas über 20 Fuß; läßt man nun diesen geringen Ueberschuß weg, so erhält man folgende verschiedene Trichter.

Kürzeste Widerstandslinien.	Durchmesser der Trichter.
Fuß.	Fuß.
18 —	18 —
16 —	24 —
14 —	28 —
12 —	32 —
10 —	34 —
8 —	36 —
6 —	38 —
4 —	39 —
2 —	39, 8-

§. 179.

Obgleich ich versichert bin, daß die so eben gezeigte Art, die verschiedenen Verhältnisse der kürzesten Widerstandslinien und der Durchmesser der Trichter durch Hülfe der Sinustafeln zu finden, zu der Absicht mehr als genau genug ist, so darf ich doch einige andere Methoden, dieß zu berechnen, nicht unangezeigt lassen, zumal da sie in gewissen Fällen Vorzüge vor der vorigen haben. Es ist nämlich bisher der Radius der Wirkungssphäre, theils um alle Fälle besser zu übersehen, theils um mehrerer Allgemeinheit willen, = 1 gesetzt worden. Dieß hindert nun an sich nichts, da ich zugleich gewiesen habe, wie die so gefundenen allgemeinen Verhältnisse in andere, dem jedesmaligen Radius gemäße, zu verwandeln sind. Indessen ist es einleuchtend, daß man auch folgendermaßen grade zu verfahren könne. Da nämlich die Quadrate der kürzesten Widerstandslinie und des halben Durchmessers zusammengenommen allemal dem Quadrate des Radius der Wirkungssphäre gleich seyn müssen, so darf man nur, nachdem das Quadrat von dem bekannten Radius der Wirkungssphäre gemacht ist, nach und nach einen gewissen Theil des Radius zur kürzesten Widerstandslinie annehmen, selbigen quadriren, von dem Quadrate des Radius subtrahiren und aus diesem Reste die Quadratwurzel ziehen. Diese doppelt genommen, geben die verlangten Durchmesser, woraus

woraus man sich die zu seiner Absicht dienenden aussuchen kann, um die kürzeste Widerstandslinie darnach einzurichten.

§. 180.

Es sey z. B. der Radius der Wirkungssphäre = 27 Fuß, wie ihn die Pulverladung 700 Pfund in schlechter Erde macht (§. 169.), gegeben, man will damit eine Mine von 10 Fuß kürzester Widerstandslinie anlegen, und verlangt den Durchmesser des dadurch entstehenden Trichters zu wissen. Von dem Quadrat des Radius 729 subtrahirt man also das Quadrat der Widerstandslinien 100, und sucht aus dem Rest 629, die Quadratwurzel = 25 Fuß, so giebt diese doppelt genommen den verlangten Durchmesser des Trichters 50 Fuß. Für eine anders angenommene kürzeste Widerstandslinie hätte man einen andern Durchmesser bekommen, und so wird man also den schicklichsten nur durch wiederholte Voraussetzungen erfahren.

§. 181.

Hätte man endlich einen Versuch vor sich, wovon nicht der Radius der durch die Ladung hervorgebrachten Wirkungsspähre, sondern die kürzeste Widerstandslinie nebst dem Durchmesser des Trichters bekannt wären, so wird man die kürzesten Widerstandslinien für andere Durchmesser der Trichter, auch ohne den Radius der Wirkungs-

sphäre der Ladung zuvor zu suchen, berechnen können. Gesetzt, es wäre durch einen Versuch bekannt, daß eine gewisse Pulverladung bey der kürzesten Widerstandslinie 5 *B* den Durchmesser *lm* hervorgebracht habe, man will den Durchmesser wissen, den sie in eben der Erdart bey der kürzesten Widerstandslinie 7 *B* oder einer jeden andern hervorbringen werde. Da die Radien der Wirkungssphäre fig. 9. *hB*, *mB* und eben so in allen übrigen Fällen einander gleich sind, und aus der Figur erhellet, daß jedes zusammengehöriges Paar kürzester Widerstandslinien und halber Durchmesser der Trichter Seiten rechtwinklichter Triangel sind, wovon der Radius die Hypothenuse ist, so ist offenbar, daß die Summen der Quadrate von jedem Paar solcher Linien einander gleich seyn müssen. Man nenne also die durch die Probemine bekannte kürzeste Widerstandslinien *K* und den halben Durchmesser ihres Trichters *R*, die nachher für eben die Ladung angenommene kürzeste Widerstandslinie *k*, und den gesuchten halben Durchmesser *r*, so hat man $K^2 + R^2 = k^2 + r^2$ mithin $r = \sqrt{K^2 + R^2 - k^2}$. Hat man Tafeln der Quadratzahlen und Logarithmen bey der Hand, so ist das Gesuchte auf diese Art sehr leicht berechnet. Es versteht sich übrigens, daß man auf eben diese Art auch die kürzeste Widerstandslinie finden könne, wenn der Durchmesser des Trichters gegeben wäre; es würde nämlich alsdenn $k = \sqrt{K^2 + R^2 - r^2}$ seyn.

§. 182.

§. 182.

Es ist zum Beyspiel aus Belidors Versuchen (§. 162.) bekannt, daß 200 Pfund Pulver in starker Erde auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie einen Trichter machen, der 20 Fuß im Durchmesser hält; man will eben diese Ladung in eben der Erdart auf 8 Fuß kürzester Widerstandslinie anwenden, und verlangt also den Durchmesser des nun entstehenden Trichters zu wissen. Nach dem vorigen Absatze ist also $r = \sqrt{100 + 100 - 64} = \sqrt{136} =$ beynahe 11, 7 Fuß, mithin der Durchmesser des Trichters = 23, 4 Fuß. Würde zu einem gegebenen Durchmesser z. E. von 22 Fuß die kürzeste Widerstandslinie zu wissen verlangt, so wäre nach dem vorigen allgemeinen Ausdrucke $k = \sqrt{100 + 100 - 121} = \sqrt{79} = 8, 3$ Fuß. Es ist aber bey dieser letzteren Methode zu merken, daß, da der Radius der Wirkungssphäre dabey nicht bekannt ist, man der Gefahr ausgesetzt ist, entweder in den willkührlich angenommenen kürzesten Widerstandslinien sich selbigem zu sehr zu nähern, oder auch die Durchmesser der Trichter so groß anzunehmen, daß die kürzesten Widerstandslinien zu klein fallen; da man denn in beyden Fällen keinen Trichter erhalten würde. Wann diese Fälle eintreten, und wie sie zu vermeiden sind, davon werde ich in dem folgenden Kapitel weiter handeln.

Vier=

Viertes Kapitel.

Von der Vertheilung der Pulverkraft auf Theile der Wirkungssphäre.

§. 183.

Es ist im vorhergehenden hinlänglich gezeigt, daß eine jede unter Erdfläche abgebrannte Pulvermenge eine Wirkungssphäre von einem gewissen Radius hervorbringe, und daß mit einer und derselbigen Ladung ganz verschiedene Trichter gemacht werden können, je nachdem die kürzeste Widerstandslinie ein anderes Verhältniß zu dem Radius erhält. In jedem dieser Fälle, wovon die vornehmsten in (§. 177.) angezeigt sind, nimmt der Horizont einen andern Abschnitt von der Wirkungssphäre weg, der Kegel, der mit dem Abschnitt zugleich einen Ausschnitt der Wirkungssphäre ausmacht, fällt, so wie der Ausschnitt selbst, dadurch ganz anders aus, und überhaupt ändert sich das Verhältniß der Wirkungssphäre und ihrer Theile auf eine sehr mannigfaltige Art. Es wird der Mühe werth seyn, diese Verhältnisse, dem Versprechen (§. 175.) gemäß, näher zu untersuchen, zumal da selbige zu verschiedenen in der Ausübung brauchbaren Folgerungen Anlaß geben werden.

§. 184.

Ich werde diese hier meist so hersetzen, wie sie schon in vollständigeren geometrischen Lehrbüchern vorkommen, nur etwas umständlicher, und demnächst die Anwendung davon machen. Wenn das Verhältniß des Halbmessers zur Peripherie $r : p$, so ist der Inhalt einer Kugel, deren Radius $= a$ ist, $= \frac{p}{3r} . 2a^3$; eben so ist der Inhalt eines kegelförmigen Ausschnittes der Kugel $AcBd$, wenn die Höhe des Abschnitts d heißt, $= \frac{p}{3r} . da^2$. Hieraus folgt nun, daß sich die Kugel zu dem Ausschnitte verhalte wie $\frac{p}{3r} . 2a^3$ zu $\frac{p}{3r} . da^2$, oder wie $2a$ zu d, das heißt, wie der Durchmesser der Kugel zur Höhe des Abschnitts, oder, welches einerley ist, wie der Radius zu der halben Höhe des Abschnitts.

§. 185.

Nimmt man nun überhaupt eine Wirkungssphäre an, deren Radius $= 1$, und theilt selbigen wie in fig. 9. in zehn gleiche Theile, so ergiebt sich die Größe der Kugelausschnitte $AcBd$,

$AeBf$,

AeBf, *AgBh*, u. s. w. wie sie fig. 9. im Profil anzeigt, darnach sehr leicht. Schreibt man nämlich die Höhe der Abschnitte *A*9, *A*8, *A*7, u. s. w. in Theilen des Radius der Wirkungssphäre in einer Zeile hin, und die Hälften derselben in einer Zeile daneben, so zeigen diese an, der wievielste Theil der Kugelausschnitt von einer Wirkungssphäre sey, deren Radius = 1 ist. In folgender Tafel, worinn statt der Höhe der Abschnitte *d* ihre Complemente zu 1 oder die kürzesten Widerstandslinien *k* gesetzt sind, zeigt die zweyte Colomne so die Größe der Kugelausschnitte *s* an.

k	*s*
0,9	0,05
0,8	0,1
0,7	0,15
0,6	0,2
0,5	0,25
0,4	0,3
0,3	0,35
0,2	0,4
0,1	0,45

§. 186.

Es ist nun weiter offenbar, daß ein jeder solcher kegelförmiger Ausschnitt der Kugel *AcBd*, *AeBf* u. s. w. durch die die kürzesten Widerstands-

standslinien $9B$, $8B$ u. s. w. bestimmenden Horizontalflächen CD, EF, u. s. w. in einen Kegel wie cBd, und einen Kugelabschnitt wie Acd, getheilt werde, und es kommt nur darauf an, das Verhältniß dieser beyden Körper, die zusammen den Kugelausschnitt ausmachen, zu bestimmen. Die bekannten allgemeinen Ausdrücke für diese beyde Körper sind nun, mit Beybehaltung der vorhin gebrauchten Benennung, folgende:

der Kegel ist $= \frac{p}{2r} \cdot (2ad - d^2) \cdot \frac{a-d}{3}$, und der Kugelabschnitt $= \frac{p}{2r} \cdot \frac{3ad^2 - d^3}{3}$. Mithin verhalten sie sich zu einander wie $(2ad - d^2)(a-d)$ zu $3ad^2 - d^3$, das ist, wie $(2ad - d^2)(a-d)$ zu $\frac{3ad^2 - d^3}{2ad - d^2} \cdot (2ad - d^2)$, oder wie $a - d$ zu $d + \frac{ad}{2a-d}$. Aus der Betrachtung der Figur erhellt aber, daß $a - d =$ der kürzesten Widerstandslinie k sey; setzt man also k statt $a-d$, so erhält man das Verhältniß des Kegels zum Kugelabschnitte, wie k zu $\frac{2a+k}{a+k}d$; und wenn der Radius $= 1$ gesetzt wird, wie k zu $\frac{2+k}{1+k}d$.

§. 187.

§. 187.

Dieser Ausdruck auf die (§. 185.) angenommenen Fälle für den kegelförmigen Ausschnitt der Kugel angewandt, giebt die Verhältnisse des zu denselben gehörigen Kegels *C* und Abschnittes *A* folgendermaßen:

k	*C*	*A*
9	171	29
8	144	56
7	119	81
6	96	104
5	75	125
4	56	144
3	39	161
2	24	176
1	11	189

§. 188.

Diese Verhältnisse, die nach den unabgekürzten Ausdrücken für den Kegel und den Kugelabschnitt berechnet sind, haben die Unbequemlichkeit, nicht leicht übersehen werden zu können, weil sie aus ziemlich großen Zahlen bestehen. Sie hätten zwar hin und wieder, jedoch nicht überall verkürzet werden können; ich habe sie aber lieber so stehen lassen wollen, aus folgender Ursache. Vergleicht man jedes Paar zusammengehörender Zah-

Zahlen mit einander, so bemerkt man bald, daß sie durchgehends die Summe 200 ausmachen: und dieß wird in der Folge einige Vortheile gewähren, wenn es darauf ankömmt, eine gewisse gegebene Größe in eben der Verhältniß zu theilen. Will man indessen kürzere Verhältnißzahlen, so erhält man nach dem abgekürzten Ausdrucke (§. 186.) folgende:

C	A
9	$1\frac{10}{19}$
8	$3\frac{1}{9}$
7	$4\frac{13}{17}$
6	$6\frac{1}{2}$
5	$8\frac{1}{3}$
4	$10\frac{2}{7}$
3	$12\frac{5}{13}$
2	$14\frac{2}{3}$
1	$17\frac{2}{11}$

§. 189.

Die bisher angegebenen Verhältnisse des kegelförmigen Ausschnitts zur Kugel, und des in ersterem befindlichen Kegels und Kugelabschnittes zu einander, geben nun zwar eigentlich nur die Verhältnisse solcher Theile einer Wirkungssphäre an; allein sie zeigen wirklich noch etwas mehr an, welches aus jenem ganz ungezwungen sich herleiten läßt. Aus den im ersten Kapitel festgesetzten Be-

griffen von der Wirkungssphäre folgt nämlich, daß die Pulverkraft, die zur Hervorbringung einer gewissen Wirkungssphäre verwandt wird, auf alle unendlich kleine Pyramiden in derselben gleichförmig vertheilt werde. Dieß muß also auch von kegelförmigen Ausschnitten von bestimmter Größe und Verhältniß zur ganzen Wirkungssphäre gelten; und mithin zeigen die Zahlen der zweyten Column (§. 185.) auch an, der wievielste Theil der Pulverkraft in einer Wirkungssphäre, deren Radius = 1, auf einen jeden solcher Kugelausschnitte, wie fig. 9. angiebt, verwandt werde. Eben daher zeigen nun auch die Zahlen (§. 187.) nicht allein die Verhältnisse der zu solchen Ausschnitten gehörigen Kegeln und Abschnitte an, sondern geben weiter noch an, in welcher Verhältniß die für den Kugelausschnitt bestimmte Pulverkraft unter sie vertheilt werde.

§. 190.

Man nehme an, es sey zur Anlegung einer Mine eine Ladung von 500 Pfund gebraucht worden. Aus (§. 169.) erhellet nun, daß selbige in mittelmäßiger Erde eine Wirkungssphäre hervorbringe, deren Radius = 20 Fuß; und giebt man selbiger eine kürzeste Widerstandslinie, die 0, 6 des Radius oder 12 Fuß beträgt, so erhält man einen Trichter, der nach (§. 178.) 32 Fuß im Durchmesser hält. Nun erhellet aus (§. 185.), daß in dem Falle, wo die kürzeste Widerstandslinie fig. 9. 6 *B* ist, der Kugelausschnitt *AikB*

nur

nur 0,2 der ganzen Wirkungssphäre betrage: und aus (§. 187.), daß der Kegel *iBk* sich zu dem Abschnitte *Aik* verhalte, wie 96 zu 104. Wendet man nun dieß auf die so eben gezeigte Vertheilung der Pulverkraft an, so folgt, daß von der hier gebrauchten Ladung von 500 Pfund nur 100 Pfund auf den Ausschnitt *AiBk* verwandt worden sind. Diese 100 Pfund Pulver werden nach (§. 185.) weiter so vertheilt, daß 48 davon auf den Kegel *iBk*, 52 Pfund aber auf den Abschnitt *iAk* kommen. Allein in dem hier angenommenen Falle ist 6 *B* die kürzeste Widerstandslinie, und *IK* die Horizontallinie, welche macht, daß an der ganzen Wirkungssphäre *AxWz*, welche die angenommene Ladung hervorbringen könnte, der Abschnitt *Aik* fehlt. Die für denselben bestimmten 52 Pfund der Ladung können also auch nicht darauf verwandt werden: und da sie nothwendig in dem Kugelausschnitt *AiBk*, wofür sie einmal bestimmt sind, bleiben müssen, so werden sie auf den davon nur allein übrigen Kegel *i B k* verwandt. In diesem ist aber schon durch die 48 Pfund Pulver die Wirkungssphäre hervorgebracht worden: es muß also in demselben noch viel mehr erfolgen, da nun eine mehr als noch einmal so große Pulverkraft auf ihn wirkt, das heißt, er wird über die Horizontalfläche *IK* mit der für den Abschnitt *Aik* bestimmten Pulverladung von 52 Pfund herausgeworfen.

§. 191.

Diese Art, sich die Wirkung des Pulvers beym Entstehen eines Minentrichters vorzustellen, scheint eben so natürlich zu seyn, als sie in Anwendung auf das in dem vorigen Kapitel Gesagte fruchtbar ist. Bloß die veränderte Lage einer und derselbigen Wirkungssphäre ist freylich hinreichend mit derselben Minentrichter hervorzubringen, worinn das Verhältniß der Höhe zum Durchmesser sehr verschieden ist (§. 178). Allein man muß die eben angezeigten Verhältnisse der Theile einer Wirkungssphäre erst dabey zu Hülfe nehmen, ehe man im Stande ist, zu bestimmen, ob alle die verschiedenen Trichter auch wirklich entstehen werden, die möglicherweise entstehen können. Denn da der Theil der Pulverladung, der für den durch den Horizont weggenommenen Abschnitt der Wirkungssphäre bestimmt ist, eigentlich den Trichter oder den Minenkegel herausheben soll, so ist erstlich offenbar, daß wenn der Abschnitt im Vergleich mit dem Kegel sehr klein ist, alsdenn auch dieser Theil der Ladung so klein werden kann, daß er zur Heraushebung des Trichters nicht mehr hinreichet. Hingegen läßt sich an der andern Seite der Fall gedenken, wo der Abschnitt im Vergleich mit dem Kegel so groß werden wird, daß dieser nicht vermögend ist, der Pulverkraft bis zur gänzlichen Entzündung zu widerstehen, so daß also die Wirkungssphäre nicht völlig gebildet werden würde. Beyde Fälle verdienen eine nähere Betrachtung.

§. 192.

§. 192.

Was zuerst den Fall anlanget, wo der Kegel in Vergleichung mit dem Kugelabschnitte so groß wird, daß die für letzteren bestimmte Pulverkraft nicht mehr im Stande ist, ihn heraus zu werfen, so ist selbiger aus zwey Ursachen zu besorgen. Einmal wird überhaupt der auf den ganzen Kugelausschnitt gehende Theil der Pulverkraft immer geringer, je mehr sich die kürzeste Widerstandslinie dem Radius der Wirkungssphäre nähert. (§. 185). Dieser an sich schon sehr geringe Theil der Pulverkraft wird nun zweytens auf eine sehr ungleiche Art unter den Kegel und den Abschnitt vertheilet (§. 188), so daß zuweilen kaum der zehnte Theil des dem kegelförmigen Ausschnitte zukommenden Antheils der Ladung auf die Heraushebung des Kegels angewandt werden kann. Es ist freylich schon in demselben durch den ihm eigentlich gehörigen Theil der Ladung eine Trennung und gänzliche Zerrüttung aller Erdtheile gemacht: allein es soll nun noch die Last dieser aufgelösten Erde gehoben werden, und hiezu wird doch schon ein Beträchtliches erfordert.

§. 193.

Was den zweyten Fall anlanget, da die kürzeste Widerstandslinie von dem Radius der Wirkungssphäre sehr verschieden ist, und wo also der Kugelabschnitt in Vergleichung mit dem Kegel sehr

groß wird, so möchte es scheinen, als wenn nichts weiter erfolgen könnte, als daß der Kegel nun nur mit sehr großer Heftigkeit herausgeworfen würde, indem eben des größeren Abschnittes wegen, auch ein größerer Theil der Ladung auf die Heraushebung angewandt wird. Allein es ist bey den Gränzen dieses Verhältnisses noch etwas mehr zu besorgen. Bey dem Entstehen einer Wirkungssphäre wird allemal vorausgesetzt, daß über der Pulverkammer eine hinlängliche Erddicke vorhanden sey, die der sich entwickelnden Pulverkraft so lange widerstehe, bis alles Pulver verzehrt ist, und die nunmehr sich ausbreitende Kraft zur Bildung der Wirkungssphäre angewandt werden kann. Dieß ist nun bey einer sehr geringen Erddicke, wo die geringste Kraft, die aus dem Pulver entwickelt ist, sogleich die Erdfläche durchbricht, nicht möglich, und also erhellet hieraus, daß eine Wirkungssphäre, die gar zu nahe unter den Horizont gerückt wäre, ebenfalls keinen Trichter mehr machen würde.

§. 194.

Zur völligen Aufklärung der Minentheorie ist es nöthig, daß diese Gränzen, wozwischen die eigentlich möglichen Trichter fallen, durch Versuche genau bestimmt werden, und zwar durch solche Versuche, wobey man nicht auf ein Gerathewohl Minen anlegt, sondern wobey man schon voraus weiß, worüber man die Natur zu befragen hat.

Da

Da aber meines Wissens noch niemand die Wirkung des Pulvers in den Minen so vorgestellt hat, so ist es auch kein Wunder, daß sie uns bisher noch fehlen. Ich will demnach sehen, was sich mit einigen unvollkommnen Versuchen von der Art und mit Vernunftschlüssen, die sich auf die oben angezeigten Verhältnisse gründen, hierbey thun läßt.

§. 195.

Ich werde hierbey zuerst den Fall aufsuchen, wo der Kugelabschnitt und der Kegel einander gleich sind, und wo sie sich also in der für den kegelförmigen Ausschnitt der Kugel zu gleichen Theilen theilen. Indem ich aber diesen Fall für den Mittelpunkt der zu suchenden Gränzen annehme, so geschieht es nicht darum, weil ich behaupten könnte, daß es derjenige ist, wo die Pulverkraft am schicklichsten unter ihnen vertheilt werde, sondern um überhaupt nur einen festen Punkt zu haben, worüber und worunter sich die zu suchenden Gränzen erstrecken. Um also diesen zu erlangen, setze man in dem (§. 186.) angezeigten Verhältnisse des Kegels zum Ausschnitte, welches (§. 186.) wie k zu $\frac{2a+k}{a+k}d$ war, statt d das ihm gleiche $a-k$. Unserer Absicht gemäß sollen hier Kegel und Abschnitt einander gleich seyn, mithin hat man die

Gleichung $k = \frac{(2a+k)\ (a-k)}{a+k}$, woraus folgt, daß in dem gesetzten Falle der Gleichheit $k = \frac{(\sqrt{5}-1)a}{2}$ $= \frac{2,236-1}{2} a = 0,618\, a$ sey.

§. 196.

Hier sieht man also, daß der Kegel dem Kugelabschnitte gleich wird, wenn die kürzeste Widerstandslinie oder die Tiefe des Mittelpunkts der Wirkungssphäre unter dem Horizont 0, 618, das ist, ohngefähr 62 Hunderttheile des Radius beträgt. Der Theil der Ladung, der hier auf die Heraushebung des Trichters verwandt wird, ist eben so groß, als derjenige, der zuvor die durchgängige Trennung des Zusammenhanges in demselben bewirkt hat. Das Verhältniß der Gleichheit, das hier statt findet, ist gewissermaßen der Mittelpunkt für alle übrige Verhältnisse, die eintreten können. Wird die kürzeste Widerstandslinie größer als 0,62 des Radius, so ist der Kegel größer, als der Abschnitt; wird sie dahingegen kleiner, so wird der Kegel kleiner als der Abschnitt; und zwar beydes in denjenigen Verhältnissen, die schon (§. 187.) dafür angegeben sind.

§. 197.

Es käme nun also zuerst darauf an, zu zeigen, wann der Abschnitt, mithin auch der darauf gehende

hende Theil der Ladung, so klein wird, daß er nicht mehr fähig ist, den schon gänzlich aufgelösten Kegel herauszuheben. Wie viel verschiedene Angaben für eine Last, die eine gewisse Menge Pulvers zu überwinden im Stande ist, die ältern Schriftsteller der Minirkunst auch angegeben haben, so habe ich doch keine Bestimmung darunter auffinden können, die mit einigen hierher gehörigen Versuchen übereinstimmen könnte. Belidor erwähnt aber, daß mit der Mine 12 (§. 106.) in gleicher Tiefe zu gleicher Zeit eine mit 80 Pfund geladene Mine angelegt worden, die, anstatt einen Trichter zu machen, nur einen 2 Fuß hohen Berg aufwarf. Sucht man nach den bekannten Regeln den Radius der Wirkungssphäre dieser Pulvermenge, so findet man selbigen genau 11 Fuß: die kürzeste Widerstandslinie, die man derselben gegeben hatte, war aber 10 Fuß, mithin betrug selbige beynahe 0,9 des Radius, und bey diesen Umständen entstund noch kein Trichter, obgleich die Erde des Kegels schon etwas höher gehoben wurde, als um die Differenz des Radius der Wirkungssphäre und der kürzesten Widerstandslinie. Zu einer andern Zeit fand er, daß unter verschiedenen 15 Fuß tief angelegten Minen eine war, die mit 90 Pfund Pulver geladen, anstatt einen Trichter zu machen, nur einen kugelförmigen Hügel bildete, der 3 Fuß hoch und 20 Fuß breit war. Da die Erdart, worinn diese Minen angelegt wurden, nicht angegeben ist, so

können wir auch den Radius der Wirkungssphäre nicht berechnen: es ist aber die größte Wahrscheinlichkeit, daß selbiger 15 + 3 = 18 Fuß gewesen sey. Denn wenn man die beyden abgeschnittenen Stücke des Diameters 3 und 15 + 18 oder 33 mit einander multiplicirt, so findet man dieses Produkt dem Quadrate der halben Sehne oder der halben Breite des kleinen Berges, so nahe als möglich ist, gleich: das heißt, 3 mal 33 oder 99 ist beynahe dem Quadrat von 10 oder 100 gleich. Und dieß würde nicht statt gefunden haben, wenn nicht 15 + 3 oder 18 selbst der Radius der Wirkungssphäre gewesen wäre. Nun betrug die kürzeste Widerstandslinie $\frac{5}{6}$ = 0, 833 des Radius der Wirkungssphäre, und also sieht man hieraus, daß noch kein Trichter entsteht, wenn gleich die kürzeste Widerstandslinie beynahe auf 0, 8 desselben herabgesetzt ist.

§. 198.

Ob ich gleich unter den mir bekannten Belidorschen Versuchen keinen finde, der näher zu dem gesuchten Entzwecke führe, so bin ich doch sehr geneigt zu glauben, daß ein Minentrichter entstehen werde, so bald die kürzeste Widerstandslinie noch um ein weniges vermindert wird. Vielleicht schon, wenn sie 0, 8, oder wenigstens doch, wenn sie 0, 75 des Radius der Wirkungssphäre wird. In diesem Falle wird nun das Verhältniß des Kegels zum Kugelabschnitte, wie 21 zu 11; und dieß

bringt

bringt mich auf die Vermuthung, daß wohl die erste einigermaaßen vortheilhafte Mine diejenige sey, wo der Abschnitt grade die Hälfte des Kegels ist, und wo also halb so viel Pulverkraft auf die Heraushebung des Trichters angewandt wird, als zur Zerrüttung der Erdtheile in dem Trichter selbst gebraucht worden.

§. 199.

Zur Bestimmung der geringsten Tiefe, worauf der Mittelpunkt einer Wirkungssphäre ihrer Entstehung unbeschadet gelegt werden kann, scheint es zwar, daß man sich eben dieses Schlusses umgekehrt bedienen könne, und alsdann würde der letzte Minentrichter da möglich seyn, wo der Kegel die Hälfte des Kugelabschnittes wird. Allein besser thut man, wenn man auch hierbey sich nach einigermaßen brauchbaren Versuchen umsieht.

§. 200.

Die hierher gehörigen Versuche geben nun folgendes. Unter den (§. 106.) angeführten haben die 10te und 12te Mine unter allen die weitesten Trichter gegeben; in der ersten war das Verhältniß der kürzesten Widerstandslinie zum Durchmesser des Trichters wie 1 zu $4\frac{2}{3}$ und in der zweyten wie 1 zu $4\frac{1}{2}$. Berechnet man nun aus der bekannten Ladung und Erdart nach den (§. 162. 163.) vorgetragenen Gründen den Radius der Wirkungssphäre der ersten Mine, so findet man selbigen

gen = 39. 12 Fuß. Die kürzeste Widerstandslinie war aber 15 Fuß, mithin ist sie 0, 38 des Radius der Wirkungssphäre. In der zweyten unter den beyden angeführten Minen findet man den Radius der Wirkungssphäre = 25, 53 Fuß; die kürzeste Widerstandslinie, die 10 Fuß war, hält also 0, 39 des Radius der Wirkungssphäre. Da nun die kürzeste Widerstandslinie in beyden Fällen beynahe 0, 4 des Radius war, so folgt nach (§. 187), daß der Kegel sich hier zum Abschnitte verhalten, beynahe wie 56: 144 = 7 : 18, das ist der Abschnitt war schon gegen dreymal größer, als der Kegel, und dennoch war letzterer hinreichend, der Pulverkraft so lange zu widerstehen, bis die Wirkungssphäre gänzlich gebildet worden war. Vergleicht man hiermit noch die Mine (§. 142.), worinn die kürzeste Widerstandslinie sich zum Durchmesser des Trichters verhielt wie 1 zu 5½, so ist aus (§. 160.) bekannt, daß der Radius der Wirkungssphäre wenigstens 35 Fuß gewesen, und also hielt die kürzeste Widerstandslinie dießmal nur 0, 34 des Radius der Wirkungssphäre. In diesem Falle ist nun der Kegel zum Abschnitte, wie 1139 zu 3861 und also der Abschnitt schon mehr als dreymal so groß, als der Kegel. Mithin erhellet, daß auch in solchem Falle der Kegel noch stark genug sey, um der Entzündung des Pulvers so lange zu widerstehen, bis die Wirkungssphäre gebildet ist.

§. 201.

§. 201.

Wie klein aber der Kegel in Vergleichung mit dem Abschnitte, der Entstehung einer Wirkungssphäre unbeschadet, werden könne, bleibt hierdurch noch unentschieden. Versuche müßten es lehren, und wir haben keine, wodurch dieß ganz ausgemacht ist. Herr Struensee, der in dem dritten Theil seiner Kriegsbaukunst die Belidorsche Minentheorie, die er in seiner Artillerie übergangen, nachgeholt hat, sagt zwar §. 258, daß unter den Minen, die man bey la Fere springen lassen, eine gewesen, deren Durchmesser siebenmal größer, als die kürzeste Widerstandslinie gewesen, und nimmt diese Länge der kürzesten Widerstandslinie für die äusserste Gränze an, wobey noch ein Minentrichter möglich ist. Allein von einem solchen Versuche weis ich gar nichts: ob ich gleich in dem Vorhergehenden bereits mehrere von Belidors Versuchen angeführt habe, als sonst irgendwo in gedruckten Schriften vorkommen; und habe auch nirgends etwas davon finden können. Dennoch ist es unwahrscheinlich, daß Belidor, der sich eben bemühete, durch Versuche zu zeigen, wie vielmal der Durchmesser des Trichters einer Mine ihre kürzeste Widerstandslinie enthalten könne, diesen Versuch nicht oft und vorzüglich angeführt haben sollte, da er in den besten unter den vorhergehenden Versuchen noch keinen Trichter erhalten hatte, wo der Durchmesser der kürzesten Widerstandslinie sechsmal genommen gleich war. Hätte es indessen seine Richtig-

tigkeit mit diesem Versuch, so wäre in demselben die kürzeste Widerstandslinie 0. 274 des Radius gewesen: und da würde das Verhältniß des Kegels zum Abschnitte beynahe wie 1 zu 5 gewesen seyn.

§. 202.

Inzwischen glaube ich doch, der Ungewißheit des letzteren Versuchs ungeachtet, daß die kürzeste Widerstandslinie bey einer anzulegenden Mine gerne auf 0, 3 des Radius der Wirkungssphäre herabgesetzt werden könne. Man erhält alsdenn Trichter, worinn sich die kürzeste Widerstandslinie zum Durchmesser verhält, wie 3 zu 19, und das Verhältniß des Kegels zum Abschnitte wird wie 3 zu $12\frac{5}{13}$, so daß alsdenn der Kegel ohngefähr $\frac{1}{4}$ des Abschnitts wäre. So viel sich aber ohne weitere Versuche aus dem vorigen abnehmen läßt, wird es auch wohl schwerlich angehen, den Kegel auf weniger als ein Vierthel des Abschnitts herabzusetzen, indem er sonst schwerlich hinreichend seyn würde, der Kraft des Pulvers bis zur gänzlichen Entzündung zu widerstehen.

§. 203.

So lange die bisher abgehandelte Frage also noch nicht durch eigentlich zu dem Ende angestellte Versuche beantwortet ist, werden wir nach den angeführten Gründen und einigen Versuchen annehmen, daß mit der Wirkungssphäre einer gewissen Pulvermenge nur dann Minentrichter hervorgebracht werden können, wenn die kürzeste Widerstands-

standslinie nicht über 0, 8; und nicht unter 0,3 ihres Radius beträgt. Für die dazwischen eingeschlossene Fälle will ich daher nochmals die Verhältnisse der Theile einer Wirkungssphäre, deren Radius = 1, oder, welches einerley ist, die Vertheilung der Pulverladung = 1 auf solche Theile der Wirkungssphäre hersetzen; jedoch mit dem Unterschiede, daß in den beyden letzten Columnen nicht bloß die Verhältnisse des Kegels zum Abschnitte angegeben, sondern vielmehr, der nach der zweyten Columne dem Kugelausschnitt zukommende Theil der Ladung nach den Verhältnissen (§. 187.) unter ihnen vertheilt werde.

K	*S*	*C*	*A*
0,8	0,1	0,072	0,028
0,75	0,125	0,082	0,043
0,7	0,15	0,08925	0,06075
0,65	0,175	0,09384	0,08116
0,6	0,2	0,096	0,104
0,55	0,225	0,0959	0,1291
0,5	0,25	0,09375	0,15625
0,45	0,257	0,08972	0,18528
0,4	0,3	0,084	0,216
0,35	0,325	0,07678	0,24822
0,3	0,350	0,06825	0,28175

§. 204.

Aus dieser Tabelle, welche den Kugelausschnitt *S*, nebst dem darinn befindlichem Kegel *C* und

und Abschnitt *A* in Theilen der Wirkungssphäre darstellt, erhellet nun sogleich, wie viel von jeder Ladung, = 1 gesetzt, auf diese Theile besonders verwandt werde. Wenn also *k* die kürzeste Widerstandslinien in 100theilen des Radius der Wirkungssphäre angiebt, so zeigt die zweyte Columne, der wievielste Theil der ganzen Ladung auf den durch eine gewisse kürzeste Widerstandslinie bestimmten Kugelausschnitt komme, die dritte, wie viel davon zur Erschütterung des Trichters, und die vierte endlich, wie viel davon zur Heraushebung desselben angewendet werde. Man erhält alsdenn Trichter von folgenden Durchmessern, welche ich hier zur Ergänzung der Tabelle (§. 177.) noch anzeigen muß.

Kürzeste Widerstands-linien.	Durchmesser der Trichter.
0, 8	1,2
0, 75	1, 32 286
0, 7	1, 42 828
0, 65	1, 51 994
0, 6	1, 6
0, 55	1, 67 032
0, 5	1, 73 204
0, 45	1, 78 604
0, 4	1, 83 302
0, 35	1, 87 348
0, 3	1, 90 786

§. 205.

§. 205.

Wenn Belidor in seinen Untersuchungen über die neue Minentheorie bis hierher gekommen wäre, so würde er gefunden haben, daß zwischen dieser und derjenigen, die er zuvor in seinem Cours de Mathematiques vorgetragen hatte, wirklich eine gewisse Uebereinstimmung statt finde. Er suchte dort das Verhältniß zwischen den beyden Theilen der Ladung, die auf die Auflösung des Trichters und die Heraushebung desselben verwandt werden, da er aber nur allein rechtwinklichte Trichter kannte, auch nur allein für solche. Ein solches Verhältniß findet nun nach dem bisher gesagten allerdings statt, wenn gleich nicht nach Belidors anfänglicher Meynung zwischen zwey Theilen der Ladung überhaupt, so doch zwischen denen, die zusammen zu Einem Ausschnitte gehören. Da der Fall des rechtwinklichten Trichters in der Tabelle (§. 203.) nicht mit vorkömmt, so werde ich ihn hier noch besonders nachholen. Aus (§. 177.) ist schon bekannt, daß die kürzeste Widerstandslinie in diesem Fall $=0,7071$ des Radius der Wirkungssphäre sey: und hieraus folgt, daß der Kugelausschnitt hier $=0,14645$ der ganzen Wirkungssphäre werde. Sucht man nun nach (§. 186.) das Verhältniß des Kegels zum Abschnitte, so findet man solches wie 120709041 zu 79290959 oder kürzer wie 121 zu 79, woraus also die Vertheilung der Pulverladung in einer Mine erhellet, die einen Trichter macht, dessen Durchmesser der Grundfläche doppelt so groß ist, als die kürzeste Widerstandslinie.

Fünftes Kapitel.

Von dem Springen einer Mine und von der Figur des dadurch entstehenden Trichters.

§. 206.

Daß das unter der Erde entzündete Pulver nach der Richtung der kürzesten Widerstandslinie die nächste Erdfläche durchbreche, wenn die Kraft des Pulvers und die Erddicke über demselben eine gehörige Verhältniß zu einander haben, ist eine so bekannte Sache, daß sich wenig oder gar nichts mehr davon sagen läßt. Ich würde sie hier also auch ganz übergehen, wenn nicht die bisher vorgetragene Theorie mir zu verschiedenen Anmerkungen Anlaß gäbe, die wenigstens bey künftig anzustellenden Versuchen mit Minen ihren Nutzen zeigen können.

§. 207.

Aus der oben erklärten Art, wie eine Wirkungssphäre aus dem unter der Erde entzündeten Pulver entsteht, folgt, daß sich von dem Augenblicke der Entzündung an Strahlen nach allen Seiten ausbreiten. Wenn also in *A* fig. 11. eine gewisse Menge Pulvers abgebrannt wird, das eine

Wir-

Wirkungssphäre von dem Radius *AZ* = *AM* hervorzubringen fähig ist, so werden von dem Augenblicke der Entzündung an, dergleichen Strahlen mit gleicher Kraft und gleicher Geschwindigkeit hervorbrechen. Diejenigen, die sich nach der Richtung der kürzesten Widerstandslinie *AB* bewegen, werden unter allen zuerst die Horizontalfläche *ab* erreichen; da sie aber Geschwindigkeit genug haben, um *AC* zu durchlaufen, so werden sie mit demjenigen Theil der Kraft, womit sie annoch *BC* in Erde durchlaufen könnten, anfangen, die zunächst um die kürzeste Widerstandslinie gelegene Erde zu heben. In dem gleich darauf folgenden Momente erreichen auch die Strahlen *AD* und *AN* die Horizontalfläche und wenden gleichfalls ihre überflüßige Kraft, womit sie *DE* und *NO* noch in Erde hätten durchlaufen können, zur Hebung der in der Richtung *AD* und *AN* befindlichen Erdtheilchen an. In jedem folgenden Momente erreichen nun neue Strahlen, in *F* und *P*, *H* und *R*, *K* und *T* die Oberfläche, bis endlich die Radien der Wirkungssphäre *AM* und *AZ* selbst gebildet sind, und damit denn die Gränze *MZ*, worauf sich die Wirkung der Mine auf der Oberfläche erstrecken wird, zugleich bestimmt wird. Die so nach und nach über die Oberfläche fallenden Strahlen werden nun in eben den auf einander folgenden Momenten anfänglich die Hügel *DeN*, *FfP*, *HgR* und *KhT* bilden, bis in dem letzten Momente entweder der ganze Kugelab-

schnitt *MCZ* gebildet worden ist, oder auch der Kegel *MAZ* nach den Richtungslinien *KL*... *BC*... *TV* herausgeworfen wird; indem nämlich oben erwiesen ist, daß es von der Proportion der Linien *AB* zu *AC* abhange, welcher von beyden Fällen sich ereignen werde.

§. 208.

Daß es mit dieser Vorstellungsart von der Entstehung eines Minentrichters im Ganzen seine Richtigkeit habe, beweisen insbesondere diejenigen Erfahrungen, wo statt des Trichters nur ein kleiner Hügel auf der Oberfläche entsteht. Belidor hatte in der Reihe der von ihm angestellten Versuche Gelegenheit, letzteres mehr als einmal zu beobachten: und er gesteht selbst*), daß die erste dieser Beobachtungen ihm nicht allein viel Vergnügen machte, sondern auch sehr von der Richtigkeit seiner Theorie überzeugte. Wir wollen demnach sehen, was daraus etwa für die Ausübung Brauchbares gefolgert werden könne: zumal da es hierbey sehr wichtig ist, theils die Gestalt des Trichters, theils

*) In einer Anmerkung, welche sich in den Abschriften seiner Minentheorie bey demjenigen §. befindet, der in der Schnellerschen Uebersetzung der 625ste ist, heißt es: j' avoue, que cette remarque me fit plaisir, et me confirma plus que jamais dans mes idées.

theils die Höhe und Weite, worauf die Trümmer werden umher geworfen werden, einigermaßen vorauszusehen.

§. 209.

Wenn bey dem bisherigen Vortrage der Minentheorie von dem Trichter die Rede gewesen ist, so habe ich allezeit darunter nur den Kegel *MCZ* fig. 11. verstanden, der nebst dem Abschnitte *MCZ* den durch die kürzeste Widerstandslinie *AB* bestimmten kegelförmigen Ausschnitt der Wirkungssphäre *AMCZ* ausmacht, dieß konnte nun ohne Irrthum geschehen, so lange es nur darauf ankam, die verschiedenen Verhältnisse zu bestimmen, welche zwischen der kürzesten Widerstandslinie und dem Durchmesser der Grundfläche des Trichters nach Verschiedenheit der Lage der Wirkungssphäre in Absicht auf den Horizont statt finden können. Denn da der Radius der Wirkungssphäre $AM = AZ$ durch die Pulverladung bestimmt ist, so wird hierdurch und durch das Verhältniß zwischen *AB* und *AC* der Durchmesser *MZ* unveränderlich bestimmt, und alle Abweichung des Minentrichters von der Gestalt des Kegels, die etwa statt finden können, müssen in der Spitze desselben, oder um die Kammer *A* herum angetroffen werden. Um diese ausfindig zu machen, merke man folgendes.

§. 210.

Zuerst ist es ganz offenbar, daß, wie sehr auch der ganze Trichter *MAZ* durch die Gewalt des Pulvers aufgelöset und zertrümmert werden möge, doch diese Auflösung nahe um die Kammer *A* etwa in dem Umfange der Kugel *knpmi* bis auf die allerkleinsten Erdtheile statt finden werde, die entfernter liegenden Erdtheile, sowohl die in dem Kegel selbst, als auch vorzüglich die unterhalb und seitwärts von *mpn* gelegenen, werden zwar auch aufgelöst und erschüttert, aber bey weitem nicht so sehr, als die vorhin gedachten; nicht so wohl deswegen, weil die Strahlen der Pulverkraft sich schon weiter von ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkt entfernt haben, als vielmehr darum, weil die bereits aufgelösten Erdtheile der Kugel *knpmi* mit einer so großen Heftigkeit gegen sie andrängen, daß selbst dadurch die weitere Auflösung verhindert wird. Es ist nun gar nicht unwahrscheinlich, daß von der zuerst ganz aufgelösten Erde ein Theil selbst in die so sehr geöfneten Zwischenräume der umher liegenden Erde eindringe; und wenn man bemerkt hat, daß der untere Theil eines Trichters *mpn* bey dem Springen einer Mine eine besondere Härte und Festigkeit erlangt hat, so ist dieß außer der Hitze des entzündeten Pulvers vorzüglich diesem Umstande zuzuschreiben. Der noch übrige Theil dieser aufgelösten Erde wird dann endlich, nachdem die Mine oberhalb Luft gekriegt hat,

hat, von dem zuletzt entzündetem Theil der Pulverladung nebst der übrigen Erdmasse herausgeworfen, und so entsteht in der Spitze des Trichters eine kugelrunde Aushöhlung, die wir, da es uns hauptsächlich nur um die Tiefe *Ap* zu thun ist, die Vertiefung des Trichters unter der Kammer nennen wollen.

§. 211.

Weiter ist es einleuchtend, daß wenn ein Theil der um die Kammer herum aufgelösten Erde durch die Oefnung *ik* herausgeworfen werden soll, dieß nicht anders geschehen könne, als daß zugleich ein beträchtlicher Theil der Stücke *Mim* und *Zkn* mit weggerissen werde, zumal da die Strahlen, welche zunächst unter den, den Horizont zuletzt erreichenden Radius der Wirkungssphäre *AM* und *AZ* fallen, diese Stücke wegen des Ausweichens des Kegels *AMZ* schon mehr aufgelöst haben, als es in einer größeren Entfernung von dem Kegel möglich ist. So einleuchtend richtig dieß aber auch seyn mag, so ist es doch nicht hinreichend, um die Frage zu beantworten, ob die von der untern Aushöhlung des Trichters *mpn* bis zu dem bestimmten Durchmesser der Grundfläche desselben *MZ* hinauflaufende Seitenwände *mM* und *nZ* gradlinigt oder krumlinigt seyn werden. Die letztere Meynung ist die herrschende, sie hat Valieres und mehrer anderer Auctorität für sich und wird endlich auch durch die

höchst wahrscheinliche Vermuthung begünstiget, daß die zunächst unter *nZ* fallende Pulverstrahlen aus der daselbst befindlichen dichtern Erde seitwärts in die ausweichende und folglich lockere Erde des Kegels *AMZ* zurück gebrochen werden. Indessen ist Belidor, der seine Versuche mit Minen mit so viel Aufmerksamkeit als irgend jemand gemacht hat, von der entgegengesetzten Meynung, und behauptet, die Seitenlinien des Trichters *nZ* und *mM* müßten als Tangenten des Cirkels *ipk* durch die Punkte *M* und *Z* gezogen werden. Er glaubt, daß dieß aus der Natur des Pulvers, nach den Radien einer Kugel zu wirken, nothwendig folge, und daß, wenn man bey andern Versuchen, womit ohne Zweifel die Valierischen gemeynt sind, krumme Seitenwände des Trichters gefunden habe, diese der Ungleichartigkeit der Erde allein zugeschrieben werden müssen. Er giebt weiter den Rath, daß man bey Beurtheilung der Gestalt des Trichters sich nur allein auf das, was man sieht, und was die Vernunft lehrt, verlassen müsse, indem man sonst beym Umrühren der losen Erde des Trichters, insbesondere in einem nicht sehr festem Boden, jede Gestalt des Trichters herausbringen könne, welche man wolle; und setzt hinzu, daß er in einem festen Boden nach Aufräumung der zurückgefallenen Erde allezeit die Gestalt des Trichters auf die angezeigte Art gefunden habe.

§. 212.

§. 212.

Wenn es von größerer Wichtigkeit wäre, die eigentliche und wahre Gestalt des Trichters zu wissen, so würde sie also wohl durch künftig anzustellende Versuche erst bestimmt werden. Man würde dabey erst den unausgeräumten Trichter durch eine Reihe paralleler Profile, und demnächst auch den aufgeräumten aufzunehmen haben, wenn anders der Boden fest genug dazu ist, daß man diesen deutlich genug erkennen kann. Allein ob gleich Belidors Behauptung bis dahin noch viel wider sich hat, und also wirklich erst so wie die entgegengesetzte zu erweisen ist, so ist zum Glück die Sache nicht von der Wichtigkeit, daß sie nicht entweder ganz oder bis weiter unausgemacht bleiben könnte. Hat ein Minentrichter nur im Ganzen das gehörige Verhältniß der Tiefe und Weite, welches sich nach der vorgetragenen Theorie ohne Kenntniß der Figur des Trichters bewerkstelligen läßt, so wird er zu allen Absichten bequem genug seyn. Er wird, insbesondere beym Angriff der Festungen mit Minen, geräumig genug seyn, uw die dazu bestimmte Mannschaft zu fassen: und da es ferner aus der Natur der Wirkungssphäre folgt, daß die außerhalb dem Trichter befindliche Erde durchgehends erschüttert, und aufgelöst ist, so wird man die darinn erforderlichen Verschanzungen mit der größten Leichtigkeit errichten können. Und dennoch ist dieß fast allein der Fall, wo es etwa darauf ankommen könnte,

die Figur des nicht ausgeräumten Trichters genau zu wissen.

§. 213.

Man siehet hieraus also, daß es ganz gleichgültig ist, welche Meynung von der Gestalt des Minentrichters man annimmt, wenn man nur keine Theorie für die Ladung der Minen darauf bauet. Nach der bisher abgehandelten Theorie bleibt es indessen immer wahrscheinlich, daß der Kegel *AMZ* das Hauptsächlichste des Minentrichters ist, und daß die in ihre kleinsten Theile aufgelöste Erde, ohngefähr eine kugelrunde Vertiefung *mpn* machen werde, wovon nachher die Größe der Stücke *miM* und *nkZ* abhängt. So bald man also nur die Vertiefung und die Kammer *Ap* weiß, wird man die Figur des Trichters, und insbesondere den Durchmesser durch die Kammer *rs* daraus herleiten können, die Seitenwände *mM* und *nZ* mögen übrigens grade oder nicht seyn. Hätte man bey den bisher mit Minen angestellten Versuchen auf diesen Umstand oder auch auf die Vertiefung unter der Kammer und auf den Durchmesser durch die Kammer zugleich allemal Acht gegeben, so würde dieser Theil der Minentheorie leicht ins Reine zu bringen seyn.

§. 214.

Wenn es meistens in der Ausübung gleichgültig ist, die Gestalt des Trichters vollkommen genau voraus zu wissen, so ist es im Gegentheil

fast

fast immer sehr wichtig, die Höhe und Weite, worauf die Trümmer des Minentrichters umher werden geworfen werden, voraus zu sehen. Aus unserer Theorie von der Entstehung des Trichters läßt sich folgendes hierzu dienliches herleiten. Was zuerst die Höhe anlangt, so erhellt so viel, daß selbige sich bey einerley Ladung in einerley Erdart nach der Differenz zwischen dem Radius der Wirkungssphäre und der kürzesten Widerstandslinie, das heißt, nach der jedesmaligen Höhe des Abschnittes *B C* richte. Ist also die Höhe der Erdgarbe von einer Ladung bey einem gewissen Verhältniß der kürzesten Widerstandslinie zum Radius der Wirkungssphäre bekannt, so wird man sie für jedes andres Verhältniß dieser beyden Grössen berechnen können. Belidor berichtet, daß eine mit 1200 Pfund Pulver auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie geladene Mine eine 80 Fuß hohe Erdgarbe im Springen gemacht habe. Da nun in diesem Fall die kürzeste Widerstandslinie 0,43 des Radius der Wirkungssphäre ist, den sie in diesem Boden hervorbringt, so erhält man die Höhe der Erdgarbe für den Fall, wo die kürzeste Widerstandslinie 0,6 des Radius ist, indem man schließet, wie 5,7 zu 4, so 80 zu dem vierten Gliede, welches die Höhe der Erdgarbe = 56 Fuß giebt.

§. 215.

Sind die Pulverladungen zweyer Minen auch verschieden, so hat man zwey Fälle zu betrachten; indem

indem das Verhältniß der kürzesten Widerstandslinie in beyden entweder einerley oder verschieden ist. In dem ersten Falle richtet sich die Höhe der Erdgarbe nach der Höhe des Abschnitts; da diese aber dem Radius proportional ist, so werden auch die Höhen, worauf die Trümmer der beyden Minen geworfen werden, sich wie die Radien der Wirkungssphäre verhalten. In dem zweyten Falle muß offenbar ein mehr zusammengesetztes Verhältniß statt finden, da sowohl die Radien der Wirkungssphäre, als die kürzesten Widerstandslinien verschieden sind. Inzwischen wird auch hier die Höhe der Erdgarbe der Höhe des Abschnitts proportional, wenn man nur bey Bestimmung des letzteren auf die besagte Verschiedenheit Rücksicht nimmt. Belidor, der überhaupt nur bey zwey Versuchen diese Höhe angemerkt hat, will sie bey einer auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie mit 1200 Pfund geladenen Mine 80, und bey einer auf 12 Fuß mit 3000 Pfund Pulver geladenen Mine 150 Fuß gefunden haben. Der Radius der Wirkungssphäre der ersten Mine war 23, und der der zweyten 35 Fuß; mithin verhalten sich die Höhe der Abschnitte zu einander, wie 13 zu 23. Wollte man also die in dem ersten Versuch beobachtete Höhe aus dem letztern berechnen, so würde man sie durch die Proportion 23 : 13 = 150 : 84 Fuß finden, und also mit einem Irrthum, wofür bey dergleichen Höhenmessung, wie die gegenwärtigen sind, niemand stehen kann.

Ohne

Ohne Zweifel hängt hierbey auch etwas von der Beschaffenheit des Bodens ab, welches aber, so wie das bisher Gesagte erst in Richtigkeit gebracht werden kann, wenn man bey Versuchen mit Minen mehr Aufmerksamkeit auf diesen Umstand gewandt haben wird. Inzwischen erhellt aus dem bisher Gesagten doch so viel, daß Megrignys Vorgeben, die Höhe der Erdgarbe sey bey Minen, die rechtwinklichte Trichter machen, allemal der kürzesten Widerstandslinie gleich, ungegründet seyn muß.

§. 216.

Nächst der Höhe der Erdgarbe kömmt die Weite, worauf die Trümmer einer springenden Mine umher geworfen werden, in Betracht. Eine genaue Bestimmung derselben würde für die Ausübung sehr wichtig seyn, da man alsdenn gewiß darauf seyn könnte, daß die in der Nähe befindlichen Truppen nicht von ihren eignen Minen beschädiget werden würden, welches sonst leicht möglich ist. Aus der Theorie von der Entstehung eines Trichters folgt so viel, daß die von der kürzesten Widerstandslinie *AB* entfernt liegende Erde, jemehr sie sich den Seitenwänden *AZ* nähert, auf eine so viel geringere Höhe geworfen werde, als die Kräfte *NO*, *PQ*, *RS*, *TV*, wodurch selbige gehoben werden, abnehmen, und daß gleichfalls die Winkel *ONP*, *QPR* u. s. w., worunter jeder Theil der Erdmasse geworfen

worfen wird, in eben diesem Verhältnisse kleiner werden. Nach Belidors Bemerkung sieht man die Verschiedenheit der Höhe auch deutlich in der Erdgarbe einer springenden Mine, indem selbige gewissermaßen dem Kugelabschnitt *MCZ* gleichet: und aus den concentrischen Cirkeln, worinn die Erde rund um den Trichter niederfällt, kann man schließen, daß die Erhöhungswinkel des Wurfs verschieden gewesen, indem die zunächst an *AC* und *AZ* fallenden Richtungslinien die Erde nahe am Rande des Trichters, die dazwischen fallenden aber nach Proportion weiter davon niederwerfen.

§. 216.

Es ließe sich hierbey freylich wohl die Theorie der geworfenen Körper anwenden; allein da man die ganze Sache bisher für so geringfügig gehalten hat, daß man auch nicht bey einem einzigen Versuche etwas desfalls angemerkt hat, so besorge ich, daß man auch diese Betrachtungen für geringfügig ansehen möge, und werde es also bey folgenden beyden Anmerkungen bewenden lassen. Es ist erstlich offenbar, daß die Erhöhungswinkel, worunter die verschiedenen Theile des Trichters rund umher geworfen werden, innerhalb dem halben Bogen *MC* des Kugelausschnittes *AMCZ* eingeschlossen sind. Man wird also zur Bestimmung dieser Erhöhungswinkel nichts weiter thun können, als den Bogen *CM* anzugeben, worinn sie sämmtlich

lich enthalten sind. Dieser richtet sich aber allemal nach dem Verhältniß, worinn die kürzeste Widerstandslinie zum Radius der Wirkungssphäre stehet, und kann also nicht ohne Rücksicht auf dieses Verhältniß bestimmt werden. Folgende Tabelle zeigt die Größe des Winkels an, den derjenige Radius der Wirkungssphäre, der wie *AM* zuletzt den Horizont erreichet, verlängert mit der Horizontalfläche macht, je nachdem die kürzeste Widerstandslinie mehr oder weniger Theile des Radius hält. Man wird also daraus den Schluß machen können, daß alle verschiedene Erhöhungsmittel, die bey einer solchen Lage der Wirkungssphäre möglich sind, zwischen diesem und dem rechten Winkel oder der senkrechten Linie *AC* enthalten seyn werden.

Kürzeste Widerstandslinien.	Winkel.
0,8	53°7′
0,7	44°26′
0,6	36°53′
0,5	30°
0,4	23°35′
0,3	12°28′

§. 217.

Um zweytens die Größe der Linien *NO*, *PQ*, *RS*, u. s. w. zu bestimmen, braucht man nur zu bemer-

bemerken, daß sämmtliche Linien *AE*, *AG*, *AI*, *AL* und *AN*, fig. 12. dem Radius der Wirkungssphäre *AC* gleich sind, und daß also die durch *BO* davon abgeschnittenen Stücke *DE*, *FG*, *HI*, *KL* und *MN* gefunden werden, indem man die Linien *AD*, *AF*, *AH*, *AK*, und *AM* von dem Radius abzieht. Diese abzuziehenden Linien sind nun Sekanten des Cirkels *BPQ*, der die kürzeste Widerstandslinie *AB* zum Radius hat, und können also durch Hülfe der trigonometrischen Tafeln für jeden Punkt des Bogens *CO* bestimmt werden. Sonst könnte man auch den Durchmesser des Trichters *BO* in gewisse gleiche Theile eintheilen, und so jede Linie *AD*, *AF* u. s. w. aus den Seiten der rechtwinklichten Triangel *ABD*, *ABF* u. s. w. berechnen, um sie von dem Radius der Wirkungssphäre abzuziehen. Wenn also z. B. in der (§. 214.) genannten Mine $AC = 23$, $AB = 10$ Fuß war, und man nimmt $BD = 7$ Fuß an, so wird $AD = \sqrt{100 + 49} = 12,2$ Fuß, und also $DE = 10,8$. Da nun der Linie *BC* proportionale Kraft eine Höhe von 80 Fuß hervorbrachte, so wird die Linie *DE*, die bey der Voraussetzung, daß $BD = 7$ Fuß ist, mit dem Horizont einen Winkel von 55° macht, eine Höhe von $66\frac{6}{13}$ Fuß hervorbringen. Berechnet man ferner aus der bekannten Linie *AD*, ihrer Abweichung *BD*, und der zuletzt gefundenen Höhe des

des Wurfs nach der Richtungslinie *DE*, die Abweichung des Punkts *E* von *C* in der größten Wurfhöhe, so findet man selbige hier, wo der Winkel *BAD* = 35° ist, = 38, 5 Fuß. Der halbe Durchmesser des Trichters *BO* wurde aber $= \frac{45}{2} = 22\frac{1}{2}$ Fuß gefunden, und also sieht man, daß wenn die nach der Richtungslinie *DE* herausgeworfene Erde auch von ihrer größten Höhe senkrecht herunter fiele, sie doch schon 16 Fuß seitwärts von dem Rande des Trichters *O* niedergefallen seyn würde.

§. 219.

Beym Beschlusse dieses Kapitels muß ich diejenigen unter meinen Lesern, die Gelegenheit haben möchten, Versuchen mit Minen, oder auch dem Gebrauch der Minen selbst beyzuwohnen, ersuchen, auf die erwähnten Umstände beym Springen einer Mine Acht zu geben, damit wenigstens über diejenigen, die wirklich für die Ausübung wichtig sind, einmal etwas festgesetzt werden könne. Denn wenn ich diese Materie nicht zum Vergnügen meiner Leser behandelt habe, so ist es vorzüglich dem gänzlichen Mangel an guten hieher gehörigen Beobachtungen der Praktiker zuzuschreiben.

Sechster Abschnitt.

Anwendung der bisher vorgetragenen Minentheorie.

§. 220.

Eine eigene Anweisung zum Gebrauch der wahren Minentheorie ist in gewisser Absicht überflüßig, in einer andern aber unentbehrlich. Hat man eine Pulverladung von einer beliebigen Größe, so ist man im Stande, entweder nach eigenen Probeminen oder auch nach den Belidorschen Normalversuchen den Radius der Wirkungssphäre, die dadurch hervorgebracht werden kann, zu berechnen. Die Umstände, worunter die Anlegung der Mine nöthig wird, geben demnächst an, ob man einen tiefen und schmalen, oder vielmehr einen flachen und weiten Minentrichter bedarf, und hiernach ist man also im Stande zu bestimmen, der wievielste Theil des Radius der Wirkungssphäre zur kürzesten Widerstandslinie genommen werden müsse; wobey man nur allein diejenigen Fälle zu vermeiden, wo noch keine Trichter entstehen, obgleich die kürzeste Widerstandslinie weder dem Radius gleich, noch auch = 0 ist. Alles dieses ist so weit gradezu anwendbar, und bedarf also keiner weitern Erläuterung. Allein ordentlicher

Weise wird bey Anlegung der Minen das, was hier gegeben ist, nämlich die Pulverladung, gesucht; mithin ist noch zu zeigen übrig, wie in diesem Falle zu verfahren sey. Ueberdem sind für den praktischen Minirer Tabellen zur Ladung der Minen unentbehrlich, und also werde ich auch noch sehen, was hierinn vor der Hand zu leisten seyn wird.

§. 221.

Wenn die Ladung nicht gegeben ist, sondern gesucht wird, so werden an deren Statt die beyden Linien, die die Größe des Trichters bestimmen, nämlich die kürzeste Widerstandslinie und der Durchmesser des Trichters, gegeben seyn, die man beym Gebrauche der Minen allemal aus den Umständen vorher wissen kann. Diese Linien sind es aber zugleich, die den Radius der Wirkungssphäre bestimmen, und also sieht man auch schon, wie für jede vorkommende Mine die Pulverladung durch Hülfe eines in eben der Erdart angestellten Versuchs zu berechnen ist.

§. 222.

Es sey also $R =$ dem Radius der Wirkungssphäre, der in einer gewissen Erdart von der Pulverladung $= P$ hervorgebracht wird, man begehrt die Pulverladung $= p$ zu wissen, die zu einer in eben der Erdart anzulegenden Mine erforderlich ist, deren kür-

zeste Widerstandslinie $= k$ und halber Durchmesser des Trichters $= r$. Da der Radius der Wirkungssphäre der anzulegenden Mine $= \sqrt{k^2+r^2}$, (§. 161.), so hat man nach den (§. 163.) angeführten Gründen $R^3 : P = (k^2+r^2)\sqrt{k^2+r^2} : p$, mithin die gesuchte Ladung $p = \frac{P}{R^3}(k^2+r^2)\sqrt{k^2+r^2}$.

§. 223.

Der erste Factor dieses Ausdrucks $\frac{P}{R^3}$ ist durch Probeminen, die man zuvor mit der zu brauchenden Art Pulver in verschiedenen Erdarten angestellt haben muß, bekannt, und also schon ohne weitere Berechnung vorhanden. Man hat also die gegebenen Größen k und r, auf die Art mit einander verbunden, wie die Formel es anzeigt, nur damit zu multipliciren, um die gesuchte Ladung zu erhalten. Indem man die Berechnung so anstellt, hat man zugleich den Vortheil durch Berechnung des dritten Factors $\sqrt{k^2+r^2}$ die Länge des Radius der Wirkungssphäre zu erfahren, und also durch Vergleichung desselben mit k zu sehen,

hen, ob ein Trichter entstehen werde oder nicht, welches man sonst nicht, ohne die Tabelle (§. 204.) bey der Hand zu haben, bestimmen könnte.

§. 224.

Ich will die Anwendung hiervon mit den (§. 162.) angezeigten Versuchen von Belidor in drey verschiedenen Erdarten machen, so wie sie übrigens ein jeder mit eignen Versuchen machen kann. Nach denselben ist $\frac{P}{R^3}$ in einem sandigtem Boden $\frac{100}{2828}$, in mittelmäßigem $\frac{170}{2828}$ und in festem Boden $\frac{200}{2828}$, und wenn also von einer in ähnlicher Erdart anzulegenden Mine k und r gegeben sind, so wird man hierdurch und mit Hülfe der Formel die gesuchte Ladung p erhalten können. Es sey also für eine in einem festen Boden anzulegende Mine $k = 10$ Fuß und $r = 18$ Fuß gegeben, so wird $k^2 + r^2 = 100 + 324 = 424$, $\sqrt{(k^2 + r^2)} = 20, 5$; und das Produkt hievon $=$ ~~4492~~ 8692 welches mit $\frac{200}{2828} = \frac{50}{707}$ vermehrt, die gesuchte Pulverladung beynahe ~~318~~ 614 Pfund giebt. Und auf diese Art verfährt man in allen übrigen Fällen.

§. 225.

Auf eben diese Belidorsche Normalversuche gründen sich auch folgende Tafeln für die Minenladungen, die ich theils als Muster, wie dergleichen Tafeln hinführo einzurichten sind, theils zum wirklichen Gebrauche in den Fällen, wo der vorhabende Boden mit den dreyen (§. 106.) beschriebenen übereinstimmt, hier einrücke. So lange man bisher noch immer angenommen, daß der Durchmesser der Grundfläche des Minentrichters nur doppelt so groß, als die kürzeste Widerstandslinie werden könne, war es genug, daß man bey einer beliebigen kürzesten Widerstandslinie in verschiedenen Erdarten Probeminen anlegte, und aus der hierbey gebrauchten bekannten Pulverladung die Ladungen für Minen von andern kürzesten Widerstandslinien berechnete. So kurz fallen aber dergleichen Tafeln nicht aus; wenn man in denselben auch diejenigen Fälle mit befassen will, wo die kürzeste Widerstandslinie ein anderes Verhältniß zu dem Durchmesser hat. Eine jede verschiedene Größe der kürzesten Widerstandslinie erfordert hier eine eigene Tabelle, und giebt also die Ueberschrift derselben her. Die erste Kolumne zeigt dann die verschiedenen Durchmesser der Trichter, die bey derselben möglich sind, so wie fig. 10. dieses von dem Falle *ab* an vorstellt, wo der Durchmesser des Trichters der einfachen kürzesten Widerstandslinie gleich ist, bis zu demjenigen, wo er der sechsfachen gleich ist; die folgenden

den Kolumnen geben die Pulverladungen an, die nach Beschaffenheit der drey oder mehr verschiedenen Erdarten erforderlich sind, und die letzte endlich den Radius der Wirkungssphäre, der in jedem Falle entsteht, damit man so gleich daraus ersehen kann, wie weit Minenöfen von einander entfernt seyn müssen, die nicht zugleich spielen sollen.

§. 226.

Um also die Anzahl der nöthigen Tafeln zu wissen, muß man bestimmen, wie viel verschiedene kürzeste Widerstandslinien man annehmen will. In den mehrsten im dritten Abschnitt angeführten Tafeln gehen selbige von 5 bis 60 Fuß, in verschiedenen bis 40, und in einer einzigen nur bis 20 Fuß. Wenn man nun dem zufolge annimmt, daß 120 Fuß der größte Durchmesser der Grundfläche eines Trichters ist, den man nöthig haben kann, so wird man bey den neuen Tafeln keine größere kürzeste Widerstandslinie als von 20 Fuß bedürfen. Denn da es erwiesen ist, daß man bey einer und derselben kürzesten Widerstandslinie einen Trichter machen kann, der wenigstens beynahe sechsmal so breit ist, als diese Linie lang, so wird man auch mit derselben einen Trichter hervorbringen können, der 6 mal 20, oder 120 Fuß weit ist, anstatt daß man vorhin, um einen rechtwinklichten Trichter von eben der Weite zu erhalten, die kürzeste Widerstandslinie dem halben

Durchmesser gleich und also = 60 Fuß annehmen mußte. Da nun ferner die geringste Länge, die man der kürzesten Widerstandslinie geben kann, 5 Fuß ist, indem sonst, insbesondere wenn man die kürzeste Widerstandslinie wie gewöhnlich von dem Mittelpunkte der Kammer an rechnet, nicht mehr Erddicke genug über dem Pulver bleiben würde, so folgt, daß man nur Tafeln für die kürzesten Widerstandslinien zwischen 5 und 20 Fuß nöthig hat. Von diesen sechzehn Tafeln füge ich hier vier bey, nämlich für 5, 10, 15 und 20 Fuß kürzester Widerstandslinien, indem die verschiedenen Trichter, die man dadurch hervorbringen kann, schon mannigfaltig genug sind.

§. 227.

Die Frage, wieviel verschiedene Durchmesser der Trichter man nun in Einer Tafel annehmen müsse, entscheidet die Tabelle (§. 204.), nämlich man fängt an von demjenigen, der $\frac{2}{3}$ der kürzesten Widerstandslinie ist, und geht bis zu demjenigen, der sechsmal so groß als selbige ist. Wenn der von Struensee angeführe Versuch wahr wäre, so würde man sie bis zur siebenfachen kürzesten Widerstandslinie fortsetzen müssen, und, wenn man John Müller folgen wollte, gar bis zur achtfachen; allein ich zweifle, daß man es so hoch treiben wird, und also habe ich es bey der sechsfachen bewenden lassen. Es wird nun hierbey genug seyn, wenn man die Durchmesser von 2 zu 2 Fuß

wachsen

wachsen läßt, so daß also die Halbmesser der Grundfläche des Trichters stets um einen Fuß zunehmen.

§. 228.

Der Radius der Wirkungssphäre, der in der letzten Kolumne jeder Tafel angeführt wird, ist aus der kürzesten Widerstandslinie und dem Halbmesser der Grundfläche des Trichters berechnet. Man wird sich solchergestalt ganz gewiß darauf verlassen können, daß die daneben stehende Pulverladung in derselben Erdart so weit unterwärts und seitwärts rund umher wirken werde. Nach den mehrsten mit dem Globe de Compreßion angestellten Versuchen erstreckt sich selbige so gar noch weiter. In Belidors Versuch von 1753 war der Radius der Wirkungssphäre aus dem Trichter berechnet nur 35 Fuß, und dennoch hatte die Wirkung desselben sich unter der Erde auf 40 bis 50 Fuß erstrecket. Bis daher fehlt es der Minentheorie noch an einer Regel zur Bestimmung dieses Ueberschusses, welche durch anderweitige Versuche zu erforschen seyn wird.

§. 229.

Der Gebrauch dieser Tafeln selbst ist nun weiter keinen Schwierigkeiten unterworfen. Die Absicht, die man mit dem hervorzubringenden Minentrichter hat, bestimmt den Durchmesser dessel-

ben. Die kürzeste Widerstandslinie, die hierbey zwar noch verschieden seyn kann, wird durch die Umstände, worinn man sich befindet, oder durch die Beschaffenheit des Wasserhorizonts in der Gegend, worinn gearbeitet werden soll, fest gesetzt. Sucht man nun in der für selbige bestimmten Tafel den verlangten Durchmesser, so findet man die Pulverladung nach Maaßgabe des Bodens und den Radius der Wirkungssphäre darneben, zur Richtschnur für die anzulegende Mine.

§. 230.

Es könnte bey dem Angrif und der Vertheidigung der Festungen, wenn man die Zerstörung der feindlichen Gallerien nur allein zur Absicht hätte, oft nützlich seyn, Minen anzulegen, deren Wirkung sich über der Erdfläche nicht äußerte, indem nur allein eine Wirkungssphäre unter Erde hervorgebracht würde. Es ist dieß ein Fall, der freylich nicht mit in den Tafeln begriffen ist: allein man braucht auch nichts weiter, als den Radius der Wirkungssphäre darzu, der aus dem zweyten Kapitel des fünften Abschnitts bekannt ist. Wenn man also die kürzeste Widerstandslinie entweder dem Radius gleich oder auch noch länger macht, so wird man dadurch allein seine Absicht zu erreichen im Stande seyn.

§. 231.

Kürzeste Widerstandslinie = 5 Fuß.

Durchmesser der Trichter.	Pulverladungen in loser	in mittelmäßiger	in fester Erde.	Radien der Wirkungssphäre.
Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.
8	9, 3	15, 8	18, 5	6, 4
10	12, 5	21, 2	25,	7, 07
12	16, 8	28, 6	33, 6	7, 8
14	22, 5	38, 2	45,	8, 6
16	29, 6	50, 4	59, 2	9, 43
18	38, 5	65, 5	67,	10, 3
20	49, 4	83, 9	98, 8	11, 18
22	62, 3	106,	124, 6	12, 08
24	77, 6	132,	155, 2	13,
26	95, 5	163, 3	191,	13, 9
28	116, 1	192, 9	232, 2	14, 9
30	139, 7	237, 5	279, 4	15, 8

§. 232.

§. 232.

Kürzeste Widerstandslinie = 10 Fuß.

Durchmesser der Trichter.	Pulverladungen in loser	Pulverladungen in mittelmäßiger	Pulverladungen in fester Erde.	Radien der Wirkungssphäre.
Fuß.	Pfund.	Pfund.	Pfund.	Fuß.
16	74	126	148	12, 8
18	86	146	172	13, 4
20	100	170	200	14, 1
22	116	197	232	14, 8
24	134	229	269	15, 6
26	155	265	312	16, 4
28	180	306	360	17, 2
30	207	352	414	17, 8
32	237	403	474	18, 8
34	271	461	542	19, 7
36	308	524	617	20, 5
38	349	594	699	21, 5
40	395	671	790	22, 4
42	444	756	889	23, 3
44	498	848	975	24, 2
46	557	947	1115	25,
48	621	1056	1242	26,
50	690	1200	1380	26, 9
52	764	1299	1528	27, 9
54	843	1434	1686	28, 8
56	929	1543	1858	29, 7
58	1020	1735	2040	30, 7
60	1117	1900	2234	31, 6

88	39, 5
28	40, 3
30	41, 2
50	42,
98	42, 9
52	43, 8
22	44, 7
20	45, 6
16	46, 5
40	47, 4
80	48, 3
42	49, 2
22	50, 2
20	51,
40	51, 9
80	52, 9
1 40	53, 8
1 22	54, 7
1 26	55, 6
1 50	56, 5
1 98	57, 2
1 70	58, 5
1 64	59, 5
1 82	60,
1 24	61,
1 92	62,
1384	63,

ı. Anwendung

§. 234.

rstandslinie = 20 Fuß.

verladungen		Radien der Wir- kungs- sphäre.
in mittelmäßiger	in fester Erde.	
Pfund.	Pfund.	Fuß.
938	1104	25,
1010	1188	25, 6
1086	1278	26, 3
1160	1376	26, 9
1261	1484	27, 6
1357	1620	28, 3
1465	1724	29,
1579	1858	29, 7
1701	2000	30, 5
1832	2156	31, 3
1972	2320	32,
2121	2494	32, 8
2279	2676	33, 6
2448	2880	34, 4
2627	3088	35, 2
2817	3312	36,
3017	3548	36, 9
3229	3798	37, 7
3453	4062	38, 6

§. 235.

Es wird nicht überflüßig seyn, hier noch zum Beschluß zu erinnern, daß die in den vorhergehenden Paragraphen befindlichen Tafeln auch noch brauchbar seyn können, wenn man gleich eine Mine in einer Erdart anzulegen hat, die mit keiner der drey Erdarten, worauf sie sich beziehen, in Verwandschaft steht. Hierzu ist nichts weiter nöthig, als daß man eine Probemine hat, deren kürzeste Widerstandslinie und Durchmesser des Trichters in diesen Tafeln befindlich ist. Die hierzu gebrauchte Pulverladung und die in den Tafeln auf eben den Fall vorgeschriebene, bestimmen sodann das Verhältniß, durch dessen Hülfe sich die Pulverladungen auf alle andere Fälle, die in den Tafeln vorkommen, aus der daselbst angegebenen Ladung berechnen lassen. Wenn also eine auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie mit 150 Pfund geladene Mine einen Trichter gemacht hätte, der 20 Fuß im Durchmesser hatte, so hat man das Verhältniß wie 100 zu 150, da auf diesen Fall in der ersten der drey Erdarten 100 Pfund Pulver erfordert wurden. Man verlangt nun auf 15 Fuß kürzester Widerstandslinie einen Trichter, der 50 Fuß im Durchmesser hält? Die Tafeln schreiben hier 873 Pfund Pulver zur Ladung vor. Rechnet man nun, wie 100 zu 150, so 873 zu 1309, so erhält man die in diesem Falle erforderliche Ladung. Mithin erhellt, daß die eingerückten Tafeln von allgemeiner Brauchbarkeit sind.

Sieben=

Siebenter Abschnitt.

Von nicht kugelförmigen Wirkungssphären, deren Ursache und Gebrauch.

§. 236.

Die bisher angenommene kugelförmige Gestalt der Wirkungssphäre kann durch mehr als einen Umstand eine Aenderung leiden. Es ist aus dem Begrif derselben klar, daß sie diese Gestalt dem gewöhnlichen kubischen Pulverkasten und der Gleichartigkeit des Bodens zu verdanken hat; mithin erhellet, daß nothwendig Abweichungen davon statt finden müssen, so bald einer von diesen beyden Umständen sich ändert. Der erste unter diesen beyden ist nur allein in der Gewalt desjenigen, der eine Mine anlegen will, und der allgemeinen Gewohnheit zufolge weicht man nicht ohne besondere Ursachen von der kubischen Gestalt des Pulverkastens ab. Der zweyte hängt von der natürlichen Beschaffenheit des Erdbodens ab, und also muß man sich denselben unterwerfen, wenn man genöthiget ist, irgendwo Minen anzulegen, ohne den Ort dazu wählen zu können.

§. 237.

Es ist wohl nicht zu läugnen, daß eine richtige Bestimmung dieser Abweichungen der Minentheorie

theorie erst ihre höchste Vollkommenheit geben würde. An der andern Seite ist es aber auch eben so offenbar, daß dieß grade der schwerste Theil davon sey. Wenn in dem vorhergehenden noch manche Frage aus Mangel guter Versuche hat unentschieden bleiben müssen, so dürfte es hierbey gar an der Methode fehlen. Wir wollen indessen sehen, was hierinn nach dem, was von Belidor darüber gesagt ist, zu thun seyn möchte, und uns mit dem wichtigsten der beyden vorigen Umstände, der Ungleichartigkeit des Bodens, zuerst beschäftigen.

§. 238.

Die natürliche Geschichte des Erdbodens lehret, daß die Oberfläche desselben aus mehreren ungleichen Schichten und Lagen bestehe, die oftmals so schnell abwechseln, daß man in einer Tiefe von 100 Fuß bey 30 ganz verschiedene Lagen antrift, wovon die Materien an innerer Festigkeit, Zusammenhang, und eigenthümlicher Schwere sehr verschieden sind. Ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit und Stärke dieser Erdlagen wird man nie den Endzweck, den man sich durch die Wirkung einer Mine vorgesetzt hat, zu erreichen im Stande seyn, und hierdurch allein ist es möglich, verschiedene seltsame und aller Theorie widersprechende Erscheinungen bey Anlegung der Minen zu erklären. Man legte zu la Fere 1721 dicht neben einander zwey Minenöfen auf kürzeste Wider-

derstandslinien von 20 Fuß an. Der erste wurde mit 900 Pfund Pulver geladen, und machte, nachdem er gespielt hatte, nichts weiter als einen Hügel von 13 Cubiktoisen. Man ladete hierauf den zweyten mit 1000 Pfund und erwartete nun eine vollständige Wirkung. Allein sie äußerte sich ganz und gar nicht auf der Oberfläche. Nach einigen Tagen sank der Boden an der Stelle, und machte einen 12 Fuß tiefen und 7 bis 8 Fuß breiten Trichter; und bey genauerer Untersuchung fand man, daß die Pulverkraft in eine sehr lockere unter einer steinigten Erdlage liegenden Schicht entwischt war, und die zunächst um die Kammer gelegene aufgelöste Erde darinn versetzt hatte. Im Jahr 1725 trieb man daselbst aus einem Gange zween Arme, um an dem Ende derselben zwey Kammern anzulegen. Die Beschaffenheit der Erde war an diesem Orte überhaupt so, daß man, um einen gewöhnlichen rechtwinklichten Trichter hervorzubringen, nur 100 Pfund Pulver zur Ladung brauchte. Allein sie änderte sich auf der geringen Entfernung dieser beyden Oefen so sehr, daß man den zweyten, unter eben der kürzesten Widerstandslinie angelegten, mit 160 Pfund laden mußte, um eine mit der ersten übereinstimmende Wirkung zu erhalten. Einer ähnlichen Abwechselung in der Zähigkeit und Stärke des Bodens ist auch ohne Zweifel die besondere Erscheinung zuzuschreiben, da man bey einer vermeyntlich überladenen Mine statt eines kegelförmigen Trichters einen cylindrischen erhalten hat.

hat. Denn da selbige sich seit der Zeit, daß man Minen nach einer vernünftigen Theorie bauet, nicht wieder gezeigt hat, so ist es höchst wahrscheinlich, daß man eine solche Veränderung in der Zähigkeit des Bodens damals nicht bemerkt hat, und daß also die Mine, anstatt überladen geworden zu seyn, wirklich zu schwach geladen gewesen ist.

§. 239.

Wenn gleich die Fälle selten sind, wo die Beschaffenheit des Bodens so merkliche Anomalien in den Wirkungen der Minen verursacht, so wird man doch fast nirgends einen so durchaus gleichartigen Boden antreffen, daß er nicht einige Aenderung in der kugelförmigen Gestalt der Wirkungssphäre hervorbringen sollte. Bey gewöhnlichen Minen, wo die Erhaltung eines Trichters die Hauptabsicht ist, und wo also die obere Hälfte der Wirkungssphäre nur allein in Betracht kömmt, werden dergleichen Aenderungen nur in seltenen Fällen merklich, insbesondere wenn die kürzeste Widerstandslinie nicht über 10 Fuß ist. So bald man sich aber der untern Hälfte der Wirkungssphäre zum Eindrücken der feindlichen Galerien bedienen, oder auch sehr tiefe Minen anlegen will, wird die Beschaffenheit des Bodens schon wichtiger, da es ausgemacht ist, daß die Erdschichten desto dichter werden, je tiefer man gräbt, so wenig wir auch übrigens von ihrer eigentlichen Beschaffenheit im Allgemeinen wissen.

§. 240.

Um sich von der durch verschiedene Erdlagen veränderten Gestalt der Wirkungssphäre einen Begrif zu machen, nehme man an, daß sich die Zähigkeit nicht sprungweise, sondern in sehr kleinen auf einander folgenden Schichten regelmäßig ändere, und also wie die Glieder der arithmetischen Progression entweder wachse oder abnehme. Da nun die Glieder einer solchen Reihe allezeit durch die Elemente eines gleichseitigen Triangels, oder eines regulären Trapeziums ausgedruckt werden können, so wird man sich die Zähigkeit der Erde in einem senkrecht durch die Kammer gemachten Schnitte, wenn sie von der Oberfläche *AB* an, wo sie ganz unmerklich ist, regelmäßig wächst, durch den Triangel *CDE*, fig. 13. wenn sie an der Oberfläche = *MN* ist und so regelmäßig zunimmt, durch das Trapezium *MNOP*, fig. 14. und endlich, wenn sie an dem Horizont *DE*, gleich *AB* ist, und hierauf regelmäßig abnimmt, durch das Trapezium *AIKB* fig. 15. vorstellen können.

§. 241.

Fig. 13. Wenn also der Triangel *CGH* gegeben ist, und in *F* eine gewisse Menge Pulvers abgebrannt wird, welche durch die über derselben befindlichen Schichten den Radius der Wirkungssphäre *FC* hervorbringt, so ist offenbar, daß die übrigen Radien *FY*, *FZ*, *FG* u. s. w.

nach

nach und nach immer kleiner werden, und daß endlich *FI*, welcher *FC* entgegengesetzt ist, der kleinste unter allen seyn wird. Der Durchschnitt der Wirkungssphäre, der in gleichartigem Boden ein Cirkel ist, wird hier also durch die krumme Linie *CYZGI* begränzet, die aus dem gegebenen Triangel *CGH* folgendermaßen bestimmt wird.

1. Um zuerst *FI* zu finden, bemerke man, daß wenn *FI* der Strahl ist, der von einer eben so großen Pulverkraft hervorgebracht wird, als welche *FC* hervorgebracht hat, dieß voraussetzt, daß die beyden die Zähigkeit des Bodens ausdrückenden Flächen *C GH* und *GHDE* einander gleich sind. Es kömmt also nur darauf an, zu dem Triangel *CDE* ein ihm gleiches Trapezium *GHDE* hinzuzusetzen: und dieß Problem wird fast auf eben die Art aufgelöst, als wenn das Dreyeck *CDE* durch eine Parallellinie *GH* mit der Grundlinie *DE* in zwey gleiche Theile eingetheilt werden sollte. Denn es sey *CGH* das gegebene Dreyeck, so wird, indem das ihm gleiche Trapezium *GDEH* hinzugesetzt wird, der Triangel *CDE* entstehen, der sich zu *CGH* verhält, wie 2 zu 1, oder welches wegen der Aehnlichkeit beyder Triangel einerley ist, wie CF^2 zu $2\,CF^2$. Also ist $CI^2 = 2\,CF^2$, oder $CF : CI = CI : 2\,CF$, mithin erhält man *CI* durch folgende Construction. Fig. 16.

16. man mache $CK = FL = CF$, und beschreibe aus der Mitte von KL den halben Cirkel KML. Aus C errichte man die Perpendiculäre CM, und trage sie auf die Linie CL aus C in I, so ist die Höhe des Trapeziums FI gefunden; indem $CM^2 = CI^2 = CK \times CL = 2\ CF^2$.

2. Wenn solchergestalt FI aus CF bestimmt ist, fig. 13, so kömmt es, um die krumme Linie $CYGI$ zu beschreiben, nur darauf an, daß die Linie FC sich mit gleichförmiger Winkelbewegung durch den Halbcirkel, der aus F über CI beschrieben werden kann, in eben der Zeit bewege, worinn der Endpunkt der Linie CF von C nach F die Differenz der Linien CF und FI durchläuft. Man theile also den Halbcirkel in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, z. B. in 12, und in eben so viele den Radius FC: so wird CF nach Durchlaufung des ersten Zwölftheils der halben Peripherie auch um $\frac{1}{12}$ verkürzt seyn, nach Durchlaufung des zweyten Zehntels um $\frac{2}{12}$, und so fortan; so daß man also auf diese Art so viel Punkte der krummen Linie bestimmen kann, als nöthig sind, um sie zu verzeichnen.

§. 242.

Fig. 14. Wenn die Zähigkeit des Bodens von der Oberfläche der Erde bis an die Pulverkammer

mer S mit dem Trapezium $MQRN$ ausgedrückt wird, und auf eben diese angefangene Art stets wachsend zunimmt, so wird die Gestalt der Wirkungssphäre auf eine der vorigen gleichmäßige Art bestimmt werden können. Die Verzeichnung der Durchschnittslinie TQV geschieht aus den beyden Linien ST und SV eben so wie in fig. 13, nachdem zuvor die Linie SV ausfindig gemacht ist, welches durch folgende Construction geschieht. Fig. 17. Man verlängere die beyden Seiten AC und BD des gegebenen Trapeziums $ACDB$ unterwärts unbestimmt und oberwärts so weit, bis das Dreyeck ABG entsteht, und ziehe die Perpendikuläre GH, welche unterwärts unbestimmt verlängert werden kann. Auf GH errichte man in G die Perpendikuläre $GM = GI$, und ziehe MI, so hat man $MI^2 = 2\,GI^2$: Dieses MI aus L in K getragen, nachdem man zuvor $GL = GH$ gemacht, giebt den verlangten Punkt K, wodurch EF parallel mit CD gezogen werden kann. Da man nun hierdurch $MI^2 = LK^2 = 2\,GI^2 = GH^2 + GK^2$ erhält, so ist GI^2 die mittlere arithmetische Proportionale zwischen GH^2 und GK^2, das heißt, die Triangel ABG, GCD und GEF sind äquidifferent, und also $ABDC = CDFE$, welches zur Bestimmung der Linie IK erfordert wurde.

§. 243.

Fig. 15. Gienge der Zusammenhang der Erde von der Oberfläche an in einer abnehmenden

Progreßion fort, in der Gestalt $AGBH$, so würde FL aus FC eben so bestimmt werden müssen, wie in fig. 14. SV aus TS bestimmt wurde. Die Verzeichnung geschieht durch das umgekehrte Verfahren, was in dem vorigen Fall gebraucht wurde. Nachdem nämlich aus dem gegebenen Trapezium $CDFE$ fig. 18. der Triangel EGF vollendet, $GM = GI$ gemacht und IM gezogen ist, wird mit der Weite IM aus K die Linie GM in L durchschnitten, $GH = GL$ gemacht, und solchergestalt der Punkt H zur Ziehung der Linie AB und mithin also auch die Linie IH bestimmt. Die Zeichnung der krummen Linie, die durch Umwälzung um ihre Axe die Wirkungssphäre erzeugt, geschieht übrigens in fig. 15. eben so, wie in den beyden vorigen Fällen, nur mit dem Unterschiede, daß FC, anstatt abzunehmen, unter der Zeit, daß es in die Lage FL durch Winkelbewegung übergeht, gleichförmig wächst, so daß es nach Vollendung der halben Peripherie $= FL$ geworden.

§. 244.

Diese Vorstellungsarten von den vornehmsten und gewissermaßen regelmäßigen Irregularitäten der Wirkungssphäre in ungleichartigem Boden, die ich mit einiger Veränderung von Belidor entlehnt habe *), sind so gradeweg

*) S. dessen nouvelle Théorie fur la Science des Mines; Article 25 - 28. der Abschriften davon.

deweg zwar nicht anwendbar, da das, was dabey gegeben werden muß, die Bestimmung der Größe des Zusammenhangs der Erde in den verschiedenen Schichten, noch fehlet. Inzwischen können sie immer schon dazu dienen, einen bestimmteren Begrif von der Art, wie die Wirkungssphäre dadurch von der Kugelgestalt abweicht, zu geben. Man sieht, daß die Wirkungssphäre in den anzeigten Fällen, anstatt eine Kugel zu seyn, ein Körper ist, der durch die Umwälzung einer halben Spirallinie um ihre Axe entsteht, und man wird ihre Gestalt auch schon hierdurch in einigen mehr zusammengesetzten Fällen, als wenn die Zähigkeit von der Oberfläche bis auf eine gewisse Tiefe wächst, und nachher weiter abnehmend fortgeht, oder auch umgekehrt, zu beurtheilen im Stande seyn.

§. 245.

Ein bey Anlegung der Minen zuweilen sehr vortheilhafter Fall ist der, wenn die Pulverkammer auf eine feste und steinigte Erdlage zu liegen kömmt. Denn da eine solche Beschaffenheit des Bodens die Entstehung der untern Hälfte der Wirkungssphäre verhindert, und wenn sie hart genug ist, durch Zurückwirkung die Pulverkraft zu der obern Hälfte der Wirkungssphäre zurück schickt, so wird diese fast doppelt so groß werden, als sie sonst geworden seyn würde. Geriethe man also

bey Anlegung einer Mine, die etwa eine kürzeste Widerstandslinie von 15 Fuß haben sollte, in der Tiefe von 10 Fuß auf eine solche steinigte Schicht, so müßte man, anstatt sie durchbrechen, lieber in dieser Tiefe die Kammer errichten. Man würde in solchem Fall, insbesondere, wenn die untere Hälfte der Wirkungssphäre nicht zum Eindrücken der feindlichen Minengänge erfordert würde, mit weniger Pulver einen weit geräumigern Trichter erhalten, als es sonst kaum mit Verschwendung vielen Pulvers möglich gewesen wäre.

§. 246.

Zugleich erhellt hieraus, daß es in allen den Fällen, wo es in der Wirkung einer Mine nur bloß auf die obere Erdfläche ankömmt, sehr vortheilhaft sey, die Sohle der Kammer, insbesondere, wenn selbige sehr geräumig ist, mit starken eichenen Bohlen oder Steinen zu belegen, um die Wirkung nach oben dadurch zu verstärken. Zu eben dieser Absicht würde dienen, wenn man sich in solchen Minen, statt der gewöhnlichen Pulverkasten, der sonst zum Einsprengen der Thore gebräuchlichen Petarden bediente. Auf eine ziemlich feste Unterlage gesetzt, würden selbige der Pulverkraft die gehörige Richtung geben, und überhaupt an den Pulverladungen eine beträchtliche Ersparung machen. Da die Verfertigung der Kasten und die Verdämmung der Kammer bey jeder Mine

was Beträchtliches kostet, und insbesondere sehr viel Zeit wegnimmt, so ist es zu bewundern, daß man fast noch nie darauf gefallen ist, sich dieses Hülfsmittels recht zu bedienen, welches insbesondre bey Contreminen von vorzüglichem Nutzen seyn könnte. Zu der Zeit, da man noch glaubte, der Mine im Springen eine andere Richtung zu geben, wenn man die Sohle der Pulverkammer an einer oder der andern Seite abhängig machte, und da man also von derselben fast eben die Dienste verlangte, die der Kessel eines Mörsers der Bombe leistet, mußte man zwar die vorgeschlagene Practik für überflüßig halten. Allein so bald man einsieht, daß der größte Theil der Ladung einer Mine außerhalb dem Trichter verwandt wird, wird sie sich einem jeden von selbst empfehlen, der nicht für das Herkommen und den Gebrauch zu sehr eingenommen ist.

§. 247.

Inzwischen ist es mehr, als zu bekannt, wie strenge das Herkommen in mehr Stücken, als in diesem, befolgt werde, wenn gleich Gründe dawider sind, und nichts als dieses ist die Ursache zu dem allgemeinem Gebrauch der kubischen Kasten, deren Abänderung die zweyte Ursache (§. 235.) zur Abweichung der Wirkungssphäre von der Kugelgestalt abgiebt, die sonst aber, da sie in unserer Gewalt ist, oft mit Nutzen gebraucht werden könnte. Kubische Pulverkasten haben zwar, da

kugelförmige und polyhedrische in der Ausübung nicht wohl anzuwenden sind, den Vortheil vor allen übrigen körperlichen Figuren voraus, daß sie das Pulver, so viel als möglich ist, zusammen halten, und also eine Wirkungssphäre machen, die nur ganz unmerklich von der Kugelgestalt abweicht, und deswegen auch von uns bisher für sphärisch gehalten ist. Allein es können sich manche Fälle ereignen, wo die sphärische Gestalt der Wirkungssphäre zweckwidrig ist, und wo also Pulverkasten in Gestalt eines Prisma's, einer Pyramide, oder eines Parallelepipedums, die nothwendig anders gestaltete Wirkungssphären hervorbringen müssen, und die dennoch in der Ausübung statt finden können, gute Dienste leisten könnten. Wir wollen demnach sehen, welche unter diesen etwa besonders zu empfehlen wären.

§. 248.

Belidor bemüht sich insbesondere, die platten Kasten mit einer quadratischen Grundfläche anzupreisen, und zwar auf folgende Veranlassung. Es ist bekannt, daß Belidors neue Minentheorie im Jahr 1729 durch Abschriften in die verschiedenen französischen Artillerieschulen vertheilt wurde, und es ist höchst wahrscheinlich, daß die 10te, 11te und 12te Mine (§. 106.) darum angelegt worden, um die Theorie auf die Probe zu setzen. Wie es scheint, so hatte Belidor die Durchmesser der Trichter, welche dadurch entstehen sollten, voraus-

gesagt,

gesagt, damit diejenigen, die sich nicht durch Gründe überzeugen lassen wollten, den Beweis mit Händen greifen könnten. Obgleich dieses Voraussagen nicht wohl auf ein Haar eintreffen konnte, so war man doch mit dem Erfolg wohl zufrieden; allein über die 12te Mine entstunden Streitigkeiten. Belidor war eben abwesend, da sie spielte; er hatte den Durchmesser des Trichters zu 46 Fuß 10 Zoll zum voraus angegeben, und unter denen, die ihn maßen, fanden einige ihn 42, andere 43 Fuß. Diese Abweichung hielt man für zu groß, und mithin Belidors Theorie für trüglich. Bey seiner Zurückkunft fand er zwar durch eine neue Aufmessung den Durchmesser = 45 Fuß 4 Zoll, womit auch des Chevalier Abbouville's Messung ziemlich genau übereinstimmte; allein man wendete ein, daß ein in der Zwischenzeit gefallener starker Regen den Trichter erweitert habe, und also mußte er andere Gründe anführen, um seine Gegner zu besänftigen. *)

§. 249.

Da die mit 1000 Pfund geladene Mine in der mittlern Erdart angelegt ward, so war die Berechnung dazu aus dem zweyten Normalversu-

che

*) Durch diese Zusätze in den Abschriften von Belidors Minentheorie erhellt zugleich der Zusammenhang der §§. 640, 641 und 642 in der von dem Herrn von Scheller übersetzten Abhandlung über eben diese Theorie.

che gemacht, nämlich, daß 170 Pfund Pulver auf 10 Fuß kürzester Widerstandslinie einen Trichter von 20 Fuß im Durchmesser mache. In beyden Fällen war also eine und dieselbige kürzeste Widerstandslinie; allein wenn man selbige, wie es gewöhnlich ist, aus dem Mittelpunkte des Kastens an rechnet, so mußten die beyden Minen von 170 und 1000 Pfund nothwendig eine sehr verschiedene Erddicke über dem Pulver erhalten. Die Seite des kubischen Kastens zu 170 Pfund war nämlich 16 Zoll 7 Linien, und also war die Erddicke hier 9 Fuß 3 Zoll 8 ½ Linien; die Seite des kubischen Kastens zu 1000 Pfund war aber 30 Zoll, und also blieb hier nur die Erddicke von 8 Fuß 9 Zoll, welche noch geringer wird, wenn man bedenkt, daß über dem Kasten noch ein ziemlich großer Raum bleiben mußte, um einen so großen Kasten, der nicht gefüllt, hineingesetzt werden konnte, mit Pulver zu füllen. Da nun die Erddicke über dem Pulver grade dasjenige ist, was der Pulverkraft so lange Widerstand leisten soll, bis die Wirkungssphäre gebildet ist, so erhellt, daß die Wirkungssphären von verschiedenen Ladungen nicht der Voraussetzung gemäß ähnlich werden können, und daß also der Schluß von einer kleineren Probemine auf eine größere nicht in vollkommener Schärfe gilt.

§. 250.

Hieraus folgert Belidor ganz richtig die Regel, daß man, um diesen Schluß mit Sicherheit ma-

chen

chen zu können, allemal die kürzeste Widerstands-linie von der Decke der Kammer und nicht von dem Mittelpunkt derselben anrechnen müsse. Allein aus Besorgniß, daß man die hieraus erfolgende gänzliche Versenkung des Kastens unter der kürzesten Widerstandslinie für eine Erfindung halten möchte, die er zur Begünstigung seiner Theorie erdacht, geht er weiter, und schlägt vor, daß man zur Höhe der Pulverkasten in allen Minen die Seite des kubischen Kastens, der bey der Probemine gebraucht worden, beybehalten, ihnen zur Grundfläche ein Quadrat geben und dieses nach Erforderniß der größeren Ladung bestimmen solle. Da nun die Pulverkasten bey den Normalversuchen für 100, 170 und 200 Pfund Pulver Seiten von 14 Zoll, 16 Zoll 7 Linien und 17 Zoll 6 Linien hatten; so sollte dieß die beständige Höhe aller Pulverkasten seyn, und die Grundflächen sollten daraus berechnet werden, daß 100 Pfund zur Grundfläche ein Quadrat von 196; 170 Pfund von 274; und 200 Pfund von 299 Quadratzollen hätte.

§. 251.

Es ist aber gar zu offenbar, daß sich Belidor hierinn geirrt habe. Ich will nicht einmal wider ihn anführen, daß die Grundfläche des Kastens bey sehr stark geladenen Minen so groß werden würde, daß man schwerlich eine so große Kammer errichten könne. So würde z. B. die 10te mit

mit 3600 Pfund geladene Mine (§. 106.) einen Kasten erhalten, dessen Höhe 16 Zoll 7 Linien wäre, und dessen quadratische Grundfläche 6 Fuß 4 Zoll zur Seite hätte. In den mehrsten Fällen wird man bey Befolgung dieser Regel vielmehr gar keine Trichter erhalten können. Man stelle sich nämlich einen solchen platten Kasten als aus einer Menge kleiner neben einander stehender kubischer Kasten bestehend vor, so ist einleuchtend, daß der Radius der Wirkungssphäre, der auf den beyden flachen Seiten entsteht, nie größer werden kann, als er in der Probemine gewesen ist, nämlich = 14, 14 Fuß. Da nun die kürzeste Widerstandslinie höchstens nur $\frac{8}{10}$ des Radius der Wirkungssphäre seyn kann, so wird man bey Beybehaltung der Höhe des Kastens der Probemine auch von der dabey gebrauchten kürzesten Widerstandslinie nicht viel abweichen, und also Belidors Regel nur unter dieser Einschränkung brauchen können.

§. 252.

Es sey nun, daß dieß wirklich Belidors Meynung gewesen ist, oder daß er sich geirrt hat, indem er nicht darüber nachgedacht, wie die Radien der Wirkungssphäre bey einem solchen platten Kasten ausfallen würden, so verdient die Empfehlung dieser Art Pulverkasten doch immer Aufmerksamkeit, da selbige uns Aussichten zu beträchtlichen Erweiterungen der Minirkunst eröfnet. Ich finde

finde zwar nicht, daß in der Reihe der la Fereschen Versuche an die Erörterung dieses Gegenstandes gedacht worden wäre, indem Belidor diesen Ort wahrscheinlicher Weise zu früh verließ, um zu dergleichen Versuchen noch die Veranlassung geben zu können. Inzwischen hat er doch bey seinen Privatexperimenten, die er auf einem Landgute ohnweit la Fere, Lie' genannt, anstellte, diesen Umstand nicht aus der Acht gelassen, wovon ich aber nur folgende ziemlich unvollkommen aufgezeichnet gefunden habe *). In einem lockern und völlig gleichartigem Boden legte er vier Minen an, deren jede mit 30 Pfund Pulver geladen war, und sechs Fuß Erddicke über sich hatte. Die erste, welche einen kubischen Pulverkasten hatte, machte einen Trichter, der 13 Fuß 4 Zoll im Durchmesser hielt; die zweyte mit einem platten Pulverkasten brachte einen Trichter hervor, der 15 Fuß 9 Zoll zum größten Durchmesser hatte; und die dritte und vierte endlich, welche Pulverkasten in Gestalt einer abgekürzten Pyramide hatten, deren größte Grundfläche oberwärts gekehrt war, machten Trichter, deren größter Durchmesser nur 2 Zoll größer war, als der der zweyten Mine. Da die Dimensionen dieser Kasten nicht angegeben sind, so kann man keine eigentlichen Folgen aus diesen Versuchen herleiten, und also wird man sich an

*) Anmerkung zu Article 21 der abschriftlichen Théorie de la Science des Mines.

an demjenigen, was Belidor daraus folgert, halten müssen, nämlich daß die platten Kasten zur Hervorbringung weiter Trichter am vortheilhaftesten sind, indem nämlich die abgekürzte Pyramide keinen viel weitern gab.

§. 253.

So richtig diese Folgerung auch seyn mag, so ist sie doch nur einseitig, indem es noch erst die Frage ist, ob durch eine anzulegende Mine wirklich ein sehr weiter Trichter hervorgebracht werden soll. Man kann außer dieser einen Absicht, welche freylich die vornehmste ist, wenn es darauf ankömmt, geräumige Logements zu errichten, noch mehr andere haben, wo die platten Pulverkasten in dem Verstande, wie Belidor sie nimmt, nicht so gradehin angewendet werden können. Will man eine Mine gegen das vom Feinde besetzte Terrein bey dem Angriffe einer Festung richten, um es stark zu erschüttern, oder auch die darinn befindlichen feindlichen Galerien zu zerschmettern; will man eine gewisse Erhöhung von Erde wegsprengen, oder will man sich endlich durch Erschütterung der festen Erde vor der Wirkung der feindlichen Minen außer Gefahr setzen, so wird man nach Beschaffenheit der Umstände von den kubischen Pulverkasten abweichen müssen, und doch mit den platten Kasten, deren Grundfläche ein Quadrat ist, nicht ausreichen können. Prismati-

sche

sche Kasten, stehend oder liegend angebracht, und platte Kasten, mit einer Grundfläche in Gestalt eines Rechtecks, werden, nebst mehr andern Veränderungen, hier gute Dienste leisten, wenn nur über die Art und Weise, wie das darinn eingeschlossene Pulver in die Erde wirken wird, in Vergleichung mit der vorhabenden Absicht etwas nachdenkt.

§. 254.

Was nun zuerst die Gestalt der hierdurch entstehenden Wirkungssphäre betrift, so ist einleuchtend, daß selbige nicht kugelförmig seyn kann, sondern sich mehr und mehr davon entferne, je mehr man von der kubischen Gestalt abweicht. Ihre Gestalt wird meistens mit der einer Ellipsoide übereinkommen: wenigstens wird man sie aus diesem Gesichtspunkte betrachtet für die Praktik genau genug bestimmen können. Die Wirkungssphäre, die bey einem platten Kasten mit einer quadratischen Grundfläche entsteht, wird also eine sphäroidische Gestalt annehmen, worinn alle senkrechte Schnitte Ellipsen, alle Horizontale aber Cirkel sind. Die Wirkungssphäre eines liegenden prismatischen Kastens wird eine Ellipsoide werden, worinn alle senkrechte Schnitte Ellipsen sind, wenn sie parallel mit der Axe, Cirkel aber, wenn sie rechtwinklicht durch die Axe gemacht werden, und worinn alle horizontale Schnitte wiederum Ellipsen sind. Es kömmt also in diesen und mehr sol-

chen Fällen nur darauf, die Axen der größten Ellipse in einer jeden verschiedenen Art von Schnitten zu bestimmen, um daraus die Größe der bey solchen Wirkungssphären entstehenden Trichter beurtheilen zu können.

§. 255.

Wenn die platten Pulverkasten nicht auf die (§. 250.) angezeigte irrige Art gar zu flach gemacht, so daß also ihre Tiefe noch stark genug bleibt, um eine überall zusammenhängende Wirkung hervorzubringen, so wird man annehmen können, daß die Radien der Wirkungssphäre, die an einer der Seiten entstehen, eben so groß seyn werden, als ein kubischer Pulverkasten, der dieselbige Linie zur Seite gehabt hätte, sie gemacht haben würde. Hierbey werden zwar die Seiten des Kastens statt dem darinn enthaltenem Pulver gesetzet; man wird aber dabey keinen Irrthum begehen, wenn man sich nur vor dem angeführten Fehler hütet.

§. 256.

Wenn also die (§. 247.) gedachte Mine nach Belidors Vorschlag (§. 249.) mit einem platten Kasten geladen geworden wäre, so würde die Tiefe desselben 16 Zoll 7 Linien und die Seite der Grundfläche etwa 40 Zoll gewesen seyn. Da nun ein kubischer Kasten, dessen Seite *ab* fig. 19. 16 Zoll 7 Linien hält, einen Radius der Wirkungssphäre

von

von 14, 14 Fuß hervorbringt, so wird der, dessen Seite *a c* 40 Zoll ist, einen Radius von etwa 34 Fuß machen. Man hat hiermit also die beyden Axen der Ellipse, die jeden senkrechten Durchschnitt der Wirkungssphäre durch die Pulverkammer begränzet; nämlich die große $CD = 68$, und die kleine $BE = 28, 28$ Fuß. Und hieraus findet man für jede kürzeste Widerstandslinie *k*, die nicht größer als die halbe kleine Axe ist, den halben Durchmesser des Trichters *d* durch die Formel $d = a \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{k^2}{c^2}}$, *) worinn *a* die große und *c* die kleine Axe bedeutet. Behielte man also bey dieser Einrichtung des Pulverkastens die kürzeste Widerstandslinie $AF = 10$ Fuß, so wie sie es bey dem kubischen Kasten war, so wäre FH

$$= 68 \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{100}{799{,}8}} = \frac{68}{2{,}82} = 24{,}12 \text{ Fuß},$$

und also die Grundfläche des Trichters ein Cirkel,

 mit

*) Die Gleichung für die Ellipse, die Abscissen auf der kleinen Axe und aus dem Mittelpunkt gerechnet. Kästners Anal. endlich. Größen §. 371.

mit diesem Radius beschrieben. Würde dahingegen $AF = 8$ Fuß genommen, so würde $FH = 27$, und also $GH = 54$ Fuß geworden seyn. Belidor sagt überhaupt nur bey dieser Gelegenheit, daß in dem ersten Fall, wo $AF = 10$ Fuß ist, bey dieser Ladung und Einrichtung des Kastens ein Trichter entstanden seyn würde, dessen Grundfläche sich zu der eines rechtwinklichten Minentrichters verhalte wie 2193 zu 400; verschweigt aber die Gründe, woraus er dieß geschlossen. Nach meiner Berechnung würde dieß Verhältniß seyn, wie 2327 zu 400, und also wirklich beynahe wie 6 zu 1, obgleich Belidor dieß schon aus der von ihm angegebenen Verhältniß folgerte.

§. 257.

Wollte man in einer in lockrer Erde anzulegenden Mine einen prismatischen Pulverkasten liegend anbringen, der auf einer Tiefe und Breite von 14 Zoll etwa $3\frac{1}{2}$ Fuß Länge hätte, so wird man einen länglichten Trichter erhalten, dessen Grundfläche bey einer kürzesten Widerstandslinie von 10 Fuß die größte Breite von 20 Fuß hätte. Um auch die größte Länge derselben zu erfahren, sucht man zuerst die beyden Axen des elliptischen Durchschnitts, der senkrecht längst der Axe des Pulverkastens gemacht werden kann, wovon $a = 85$ und $c = 28{,}28$ Fuß ist, und berechnet nach der vorhin gebrauchten Formel, indem man $k = 10$

setzt,

setzt, die Ordinate *FH*. Diese doppelt genommen giebt den Durchmesser des Trichters der Länge nach = 60 Fuß. Hieraus erhellt also, daß man durch eine Pulverladung von 350 Pfund einen Trichter mit einer elliptischen Grundfläche fig. 20. erhalten kann, dessen große Axe *AB* = 60 und dessen kleine Axe *CD* = 20 Fuß ist, und woraus also der Umriß desselben, so wie ihn die Figur darstellt, gezeichnet werden kann.

§. 258.

Hätte man eben diesen Pulverkasten aufrecht gestellt, so würde die Wirkungssphäre sich auf 42 Fuß senkrecht unter die Oberfläche der Erde erstreckt haben, welches freylich mehr ist, als man von einer so geringen Menge Pulvers scheint erwarten zu können. Indessen sieht man hieraus, so wie aus dem, was ich bisher überhaupt von den verschiedenen Gestalten der Pulverkasten gesagt habe, daß sich von dieser Seite noch sehr vieles zur Verbesserung der Minentheorie thun läßt. Es wird also auf diejenigen, die Gelegenheit haben, die hierzu erforderlichen Versuche anzustellen, oder anstellen zu lassen, ankommen, ob diese Vorschläge in Ausübung gebracht werden sollen, oder nicht. Insbesondere wäre hierbey noch darauf zu sehen, ob nicht die Größe der untern Hälfte der Wirkungssphäre auch dadurch erweitert werden könnte, daß man Pulverkasten anwendete, die unten weiter als oben wären.

§. 259.

Die länglichten Minentrichter, von denen ich so eben gezeigt habe, daß sie bey einer gewissen Einrichtung des Pulverkastens durch Eine Mine erhalten werden könnten, hat man bisher durch zwey Minen, die man zugleich spielen ließ, hervorgebracht. Wie wichtig die Erreichung dieser Absicht in gewissen Fällen auch seyn mag, so finde ich doch nicht, daß von irgend einem Schriftsteller der Minirkunst Regeln angegeben wären, wonach die Entfernung solcher Minenöfen, die völlig zusammenlaufende Trichter bilden sollen, bestimmt werden könnte. Und unter den bisher bekannten Versuchen sind nur sehr wenige von der Art anzutreffen, wodurch diese Frage entschieden werden könnte. Megrigny ließ bey Tournai zwey Minenöfen in der Entfernung ihrer kürzesten Widerstandslinien von einander legen, jeden mit $\frac{2}{3}$ seiner ordentlichen Ladung laden, und zugleich spielen, erhielt aber dadurch fast gar keinen Trichter. Ein anderes mal ließ er vier gehörig geladene Minen, die eben so lang von einander entfernt waren, spielen, und nun entstand ein einziger gemeinschaftlicher Trichter, worinn man selbst in der Spitze keine Scheidung bemerkte. Belidor erwähnt *) zweyer Minen, die bey der Belagerung des Polygons bey la

*) Article 8. der Abschriften der neuen Minentheorie.

la Fere 1724 gebraucht wurden, die 28 bis 30 Fuß von einander entfernt lagen, kürzeste Widerstandslinien von 22 bis 23 Fuß hatten, und ein wenig überladen waren, und dennoch da sie auf einmal spielten, einen gemeinschaftlichen Trichter machten, worinn es nicht zu sehen war, daß zwey Minen dazu gebraucht worden waren. Als dieser erste Versuch, das feindliche Kanon von den Breschbatterien in die Festung zu werfen, den 27sten Sept. 1739 auf königlichen Befehl wiederholt wurde, brauchte man abermals zwey zugleich spielende Minen dazu, wovon wir folgende umständlichere Nachricht haben. Jede Minenkammer war auf eine kürzeste Widerstandslinie von 10 Fuß mit 600 Pfund Pulver geladen, und ihre horizontale Entfernung betrug 15 bis 16 Fuß *). Nachdem sie

*) Diese Angaben sind aus dem Discours sur le nouveau projet de Mine genommen. In Belidors vermischten Schriften, wo eben dieser Aufsatz unter dem Titel: Anwendung der Druckkugel auf die Vertheidigung der Plätze S. 358. vorkömmt, sind alle diese Zahlen sehr falsch angegeben. Die Entfernung der Kammern wird auf 80 Fuß gesetzt, welches aber nothwendig ein Druckfehler in der Uebersetzung seyn muß. Denn sollte es auch in der holländischen Originalausgabe gestanden haben, so würde sich der einsichtsvolle Uebersetzer, der Chef eines Minirercorps ist, gewiß in einer Anmerkung darüber erklärt haben, indem erstlich zwey Minen-

gespielt hatten, fand man einen länglichten Trichter, woran keine Scheidung zu bemerken war, (un *seul* entonnoir elliptique) und der auf einer Tiefe von 15 bis 16 Fuß, 45 Fuß lang und 27 Fuß breit war.

§. 260.

Will man inzwischen die Beschaffenheit des Trichters untersuchen, der von zweyen zugleich spielenden Minen entsteht, so muß man den Abstand derselben nicht mit der kürzesten Widerstandslinie, sondern mit dem Radius der Wirkungssphäre selbst ausmessen. Und dann ist es einleuchtend, daß es allein darauf ankömmt, in jedem Falle die Linie *KL* fig. 22. oder das Stück zu bestimmen, was der eine Radius von dem andern abschneidet. So bald nämlich die Kammern *MN* zusammen fallen, und also ihre Entfernung = 0 ist, so sind es nicht mehr zwey Minen, sondern es ist nur Eine, und also fällt die Untersuchung weg. Wird die Entfernung den beyden Radien der Wirkungssphäre gleich, so spielen sie als zwey verschiedene Minen, die keine Gemeinschaft mit einander haben, und also auch keinen gemeinschaftlichen Trich-

nenkammern, die achtmal so weit von einander entfernt sind, als ihre kürzeste Widerstandslinie lang ist, schwerlich in einander wirken können, und zweytens auf einer Breschbatterie von der Länge wenigstens 4 bis 5 Kanonen zu stehen kommen müssen.

Trichter hervorbringen können. Nun aber fallen in allen zwischen diesen beyden äußersten Gränzen eingeschlossenen Fällen die Radien der Wirkungssphäre auf einer gewissen Weite zusammen, von der Größe dieses Theils der Wirkungssphäre hängt die Gestalt des Trichters jedesmal ab, und also muß die Beschaffenheit desselben auch hierdurch bestimmt werden.

§. 261.

Von mehreren solchergestalt möglichen Fällen ist nun der mittelste der, wo die Entfernung zweyer gleich stark geladenen Minen ihrem Radius der Wirkungssphäre gleich ist. Es scheint, daß die Wirkungssphären alsdenn nahe genug zusammen fallen, um den zwischen beyden Minentrichtern befindlichen kleinen Erdrücken, der im Profil fig. 21. durch das Dreyeck *ABG* angedeutet wird, mit wegzunehmen, als worauf es eigentlich ankömmt, um statt zwey Trichter einen einzigen zu erhalten. Inzwischen muß diese Frage, nebst den beyden davon abhängenden, ob man nämlich die beyden Minen dieser Bedingung unbeschadet noch weiter auseinander rücken, oder ob man sie vielmehr näher zusammen bringen müsse, durch eigne Versuche bestimmt werden. Aus den Regeln, welche diejenigen Schriftsteller der Minirkunst, die nur allein rechtwinklichte Trichter betrachteten, gegeben haben, scheint das letztere nöthig zu seyn. Sie verwerfen nämlich den Fall, wo zwey Mi-

nen *M* und *N* fig. 22. in der Entfernung der zweyfachen kürzesten Widerstandslinie von einander gelegt sind, und behaupten, daß der Erdrücken *MRN* oder *AGB* fig. 21. nur alsdenn werde mit gehoben werden, wenn die Entfernung der beyden Minen, wie *A* und *B*, der kürzesten Widerstandslinie gleich ist. Untersucht man dieß genauer, so sieht man bald, daß alles nur auf die Höhe *GI AGB* ankömmt, welche in fig. 22. der ganzen und in fig. 21. der halben kürzesten Widerstandslinie gleich ist, und daß diese Bestimmung nur noch sehr unbestimmt ist, indem es zwischen dem Ganzen und der Hälfte noch viele bemerkenswürdige Grade geben kann. Wollte man immittelst letzteres zur Regel annehmen, so würde man, da die kürzeste Widerstandslinie hier 0,7071 des Radius der Wirkungssphäre beträgt, die Regel erhalten, daß die Trichter zweyer Minen nur alsdenn zusammen laufen, wenn die Höhe des Triangels *ABG*, den die beyden äußersten kreuzenden Radien der Wirkungssphäre *AE* und *BD* mit der Entfernung der Kammern *AB* machen, nicht mehr, als 0,3535 Theile des Radius der Wirkungssphäre beträgt.

§. 262.

Bey den dieser Sache wegen anzustellenden Versuchen, wobey allerdings auch die Fälle mitzunehmen seyn würden, wo die kürzeste Widerstandslinie ein anderes Verhältniß zu dem Durchmesser

messer des Trichters hat, als das vorhin genannte, würde es denn noch nur einzig und allein nur nöthig seyn, diese Höhe ein für allemal bey gewissen Erdarten zu bestimmen. Denn es mag diese Bestimmung mit Minen gemacht seyn, die einen weiten oder einen schmalen Trichter geben, so wird man sie doch immer auf alle andere anwenden können. Wir wollen dieß bey den beyden letzten (§. 259.) erwähnten Minen versuchen. Wenn man annimmt, daß die Erdart, worinn sie angelegt wurden, die mittlere unter den drey bey la Fere befindlichen gewesen, so wird der Radius der Wirkungssphäre, den die Ladungen von 600 Pfund hervorgebracht, $= 21\frac{1}{2}$ Fuß gewesen seyn. Dieser giebt nun nebst der kürzesten Widerstandslinie den Halbmesser der Grundfläche des Trichters; und alle drey zusammen genommen, bilden einen rechtwinklichten Triangel, der wenigstens eben die Lage hat, als DEB fig. 21., und worinn $BE = 10$, $BD = 21\frac{1}{2}$ und $DE = 19$ Fuß sind. Man suche in diesem Triangel den Winkel $EDB = 27° 43'$, so hat man auch den ihm gleichen DBA, und nachdem man die Perpendikulare GI gezogen hat, dessen Complementwinkel $IGB = 62° 17'$. Nunmehr läßt sich die Höhe GI entweder für ein willkührlich angenommenes BI, oder hier für die Größe, die ihm Belidor gegeben, nämlich 5 Fuß, berechnen, und demnächst aus der Regel (§. 261.) bestimmen, ob es größer oder kleiner genommen werden müsse.

Stellt

Stellt man die Rechnung wirklich an, so findet man $GI = 2,688$ Fuß, und also nicht vollends drey Fuß, da sie doch nach (§. 261.) hätte über $7\frac{1}{2}$ Fuß seyn können, und hieraus ergiebt sich folgendes, daß beyde Minen noch auf eine Entfernung von 28 Fuß nur einen einzigen Trichter gemacht haben würden, welche wohl auch von Belidor gebraucht seyn würde, wenn dieß hier seine Absicht gewesen wäre.

§. 263.

Wenn man die Größe des durch diese Minen hervorgebrachten Trichters aus der so eben angezeigten Länge des Radius der Wirkungssphäre bestimmt, so findet man den Durchmesser einer jeden Mine z. B. $DF = 38$ Fuß. Da nun die beyden äußersten Radien BD und AC parallel sind, so wird $CD = AB$ seyn, und also erhält man $CF = 38 + 10 = 48$ Fuß, mithin nur 3 Fuß größer als ihn der Versuch gelehrt hatte. Warum die Breite des Trichters aber statt 38 Fuß nur 27 gewesen, muß aus der Verbindung, worinn diese Minen mit andern gestanden, erklärt werden, wovon ich hier noch nichts beybringen kann. In Absicht auf die Länge desselben muß ich noch bemerken, daß die zweyte Mine, wie aus dem vorhergehenden erhellet, selbige nur um 10 Fuß vermehrt habe. Wäre nun die Erhaltung eines elliptischen Trichters dabey die Hauptabsicht gewesen, so hätte man dieß mit einem läng-

lichtem

lichtem Trichter, ohne 600 Pfund Pulver mehr zu verschwenden, erhalten können, welche aber itzt, da die Absicht ganz anders war, gar nicht als verschwendet angesehen werden müssen. Hieraus erhellet denn auch, daß sowohl die Theorie der Wirkungssphären, die von nicht kubischen Pulverkasten entstehen, als auch die der zugleich spielenden Minen jede an ihrem Orte ihre Anwendung finde, und daß keine derselben ohne Schaden der praktischen Minirkunst versäumt werden dürfe.

§. 262.

Am Ende dieses theoretischen Theils der Minirkunst sehe ich mich genöthiget, eben den treugemeynten Wunsch hinzuzufügen, womit Borgsdorf vor beynahe hundert Jahren seine Minirkunst dem Publikum übergab. „So man viel tausend „Gulden kann aufwenden,“ heißt es S. 15. in der Vorrede, „zu den Proben der Feuermörsel und „andrer Feuerwerke, nebst dem, was sie und ih„re Bediente jährlich zu unterhalten kosten; so „sollte man nicht weniger auch etliche tausend Gul„den auf Minenproben hergeben, damit eine gnug„same Anzahl Leute in dieser Kunst geübt und ge„wiß würden, weil an ihnen zu Zeiten mehr gelegen, „weder an Stück und Feuermörseln.“ Er that diesen Wunsch freylich mehr in Rücksicht auf die Praxis, als auf die Theorie: und daß selbiger auch in so ferne noch itzo nicht überflüßig sey, kann man dar-

daraus abnehmen, daß eine der berühmtesten europäischen Armeen bey dem Anfange einer wichtigen Belagerung nach le Febvres Aussage nicht mehr als einen Minirerofficier nebst einem Unterofficier aufbringen konnte. Indessen wollte ich ihn doch vors erste lieber in Anwendung auf die Minentheorie verstanden haben. Hätte Belidor bey seinem unermüdeten Nachforschen nicht einige Unterstützung gefunden, so würden wir noch unendlich weit darinn zurück seyn, und air sind es doch noch immer zu viel. Es ist unmöglich mit dem, was er uns hinterlassen hat, alles darinn ins Reine zu bringen, und ich werde sehr zufrieden seyn, wenn man mir zugesteht, daß ich es, so weit als es reichte, wohl genutzt, und da wo es nicht hinreichte, das worauf es jedesmal ankömmt, gehörig aus einander gesetzt habe, zur endlichen Entscheidung durch die gewünschten Versuche.

Anhang.

Anhang.

Nachrichten von Schriften
die
Minirkunst
betreffend.

Nachrichten von Schriften die Minirkunst betreffend.

§. 1.

Wenn die Minirkunst, gleich andern Künsten, die ihrer Wichtigkeit halber wissenschaftlich abgehandelt worden sind, systematische Haupt= und Lehrbücher aufzuweisen hätte, so würde diese Anzeige, wo nicht ganz überflüßig seyn, doch wenigstens sehr kurz ausfallen können. So aber, da die mehrsten und selbst die wichtigsten dahin gehörigen Schriften, zerstreuete Aufsätze sind, die entweder einzeln oder in großen Werken angetroffen werden, wird es um so viel nöthiger seyn, sie dem Liebhaber der Litteratur der mathematischen Kriegswissenschaften in diesem Aufsatze beysammen vorzulegen, ob gleich die theoretischen schon gehörigen Orts in der Abhandlung selbst angezeigt sind. Ich werde hierbey in Absicht auf die Eintheilung den beyden Haupttheilen der Minirkunst folgen, also

zuerst die zur Minentheorie gehörigen, und zweytens diejenigen, die die Anlegung und die Anwendung der Minen betreffen, anzeigen; bey beyden aber so viel als möglich die chronologische Ordnung beobachten.

§. 2.

Das Jahr 1686 ist in der Litterärhistorie der Minirkunst in mehr als einer Absicht merkwürdig. Wenn man dasjenige ausnimmt, was einige Ingenieurs und Artilleristen, und vorzüglich Spekle und Biringuccio beyläufig in ihren Schriften gesagt haben, so gab der Baron Borgsdorf in diesem Jahre die erste schriftliche Anweisung zur Minirkunst, als eine eigne Wissenschaft betrachtet, „den hochwerthen und preiswürdigen Teutschen und „ihrer Genossenschaft" zum Besten heraus, „um „das Miniren in seinen schätzbaren Valor zu bringen, gleichwie das Kanoniren und Bombardiren „schon damals darin gebracht war." Seine Anweisung enthält zwar nichts, was man eine **Minentheorie** nennen könnte; allein auch in eben diesem Jahre legte Megrigny mit seinen bey Tournai angestellten Versuchen einen Grund dazu. Die nähern Umstände hiervon sind, so viel ich weis, nirgends in gedruckten Schriften bekannt gemacht worden, weil vielleicht Megrigny selbst keinen Beruf zum Schriftstelleramte bey sich fühlte, und weil spätere Schriftsteller, die sie vor sich hatten, sie für zu heilige Reliquien hielten als,

als daß man sie durch Bekanntmachung entweihen dürfte. Belidor hatte den in dreyzehn Sphen bestehenden Bericht davon seiner neuen Minentheorie beygefügt; da selbiger aber sich nicht wohl zu diesem Aufsatz schickte, als er den Abhandlungen der Pariser Akademie einverleibt wurde, und er also dieß nebst mehr Aufsätzen über die Minirkunst für seinen nouveau Cours du Genie aufhob, der nach seinem Tode heraus gegeben werden sollte, aber bisher nicht erschienen ist, so findet man ihn nur bey den ersten Abschriften der nouvelle Théorie sur la Science des Mines, die etwa um 1730 davon gemacht sind. Eine solche ist aus der Büchersammlung des verstorbenen Generallieutenants von Feignet, in die hiesige Universitätsbibliothek gekommen; und aus dieser habe ich, mit Vergleichung anderer Abschriften, die Nachricht von Megrignys Versuchen gezogen, wovon die Minentheorie doch immer wird datirt werden müssen.

§. 3.

Vaubans Bemühungen um die Minirkunst sind in seinen beyden Schriften über die Belagerungskunst enthalten. Ziemlich unvollständig in dem

Mémoire pour servir d'instruction dans la conduite des Sièges et dans la Defense des Places, dressé par le Maréchal de Vauban et presenté au Roi Louis XIV en 1704. Haye 1740. gr. 4.

Etwas ausführlicher aber in dem größern Werke

De l'attaque et de la defense des places. Haye. 1737. gr. 4.

In dem zweyten Theil zu letzterem Werke, der 1742 eben daselbst erschien, findet sich ein

Traité pratique des Mines,

der ebenfalls Vauban zugeschrieben wird, ob es gleich sichtbarlich eine bloße Compilation ist, die mit den vorigen Vaubanschen Aufsätzen nichts gemein hat. Von der Auflage eben dieses Werks in Octav 1744 wird dieser Traktat besonders verkauft, so wie man ihn auch sonst in mehr andern Werken eingerückt findet.

§. 4.

Die beyden ersten Schriften, die ohne Zweifel von Vauban selbst herrühren, müssen als vor 1707 geschrieben angesehen werden, indem Vauban in diesem Jahr starb. Vor ihrer Bekanntmachung in Holland hatte man nur allein Abschriften davon, die man auch noch in verschiedenen Bibliotheken antrift; indessen durfte man über das, was Vauban in Hinsicht der Minentheorie gelehrt hatte, nicht so lange ungewiß seyn, indem Herr **Chevalier**, ein ehemaliger Lehrer an der Artillerieschule zu Strasburg, selbiges schon zuvor in einer eignen Abhandlung gesammelt, und seiner Meynung nach erwiesen hatte, die in den Abhand-

lungen der Pariser Akademie fürs Jahr 1707 unter folgendem Titel befindlich:

Des Effets de la poudre à Canon, principalement dans les Mines.

§. 5.

Ein Theil der Valierischen Minentheorie, nämlich was die Gestalt des Minentrichters anbetrift, findet sich in dessen

Dissertation sur les Mines et les avantages que l'on en peut tirer pour la Defense des places,

welche dem dritten Theil von Folards Commentar über den Polybius angehängt ist; B. 3. S. 359-368 der Berl. Uebersetzung: wovon das Wesentlichste sonst zur Anwendung der Minen gehört. An welchem Ort eben dieses Verfassers Tabelle für die Minenladungen zuerst gedruckt sey, ist mir unbekannt: indessen findet man sie itzo fast in allen Lehrbüchern.

§. 6.

Von mehrern Belidorschen Aufsätzen über die Theorie der Minirkunst findet man drey in seinem Nouveau Cours de Mathematiques. Paris 1725. 4. Nämlich über

Die Berechnung der Minentrichter;

Die Führung der Minengänge; und

Die schicklichste Ladung der Minen;

die nachher auch in dessen

Oeuvres diverses, concernant l'Artillerie et le Genie. Amst. 1764. 8. und

in des Herrn Obristlieutenant von Schneller deutscher Uebersetzung derselben, Braunschw. 1769. 8 S. 182-207. wieder abgedruckt sind. Dahingegen hat Belidor selbst sie in der von ihm besorgten neuen Auflage seiner Mathematik von 1757 ganz weggelassen.

§. 7.

Daß Herr Lehnberg gegen den letztern von den drey Aufsätzen sehr erhebliche Erinnerungen gemacht, habe ich schon in der Abhandlung selbst angezeigt. Man liest sie in den Schriften der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, B. 11. S. 316. der deutschen Uebersetzung des Hrn. Hofraths Kästner; und trift ebendaselbst auch Herrn Meldercreutzes Aufsatz über die Oefnung gesprungener Minen an.

§. 8.

Allein diese Erinnerungen würden überflüßig gewesen seyn, wenn Belidors

Nouvelle Théorie sur la Science des Mines,

wodurch das vorige von sich selbst wegfällt, dem Urheber derselben bekannt gewesen wäre. Sie

war

war seit 1729 schon ausgearbeitet, und Abschriften davon müssen bald nachher, wenigstens in Frankreich nicht selten gewesen seyn, da sie gleich anfangs in so viele Hände kam. Das Wesentlichste davon wurde 1756, da Belidor als Associé libre in die Akademie der Wissenschaften aufgenommen wurde, dieser Gesellschaft übergeben, und in ihre Schriften für dieß Jahr eingerückt. Ich sage das Wesentlichste; denn es sind in der That nur die hauptsächlichen Lehrsätze, mit Weglassung vieler Nebenumstände und historischer Anekdoten. Eben so ist sie auch in den Oeuvres diverses und der deutschen Uebersetzung derselben S. 322—387. abgedruckt. Daß man diese Abhandlung bisher nur als eine Anweisung zur Anlegung des Globe de Compression, und nicht für das, was sie wirklich ist, eine wahre Theorie der Minen überhaupt angesehen hat, wird man aus den spätern Schriften über die Minentheorie ersehen können, die ich sogleich anzeigen werde.

§. 9.

Der Prof. der Fortification und Artillerie zu Woolwich, Herr Müller, der sich, wahrscheinlicher Weise, um unter Belidor die Kriegswissenschaft zu studiren, zu la Fere aufgehalten hat, wohnte seinem eignen Bericht zufolge den Versuchen 1729 mit bey, und hat also auch nothwendig die von Belidor darauf gegründete Theorie kennen

zu lernen Gelegenheit gehabt. Dennoch hat er sich bemüht, eine eigne Theorie davon zu geben, wovon ich oben das Wesentlichste vorgetragen habe. Dieser

Treatiſe on Mines, deduced from a new Theory,

macht den dritten Theil von deſſen Attac and Defenſe of fortified places aus, wovon 1757 die zweyte Auflage zu London erſchienen iſt.

§. 10.

Doch da dieſe Theorie gewiſſe Vorzüge mit der Belidorſchen vor allen übrigen voraus hat, ſo kann man höchſtens nur davon ſagen, daß ſie nach derſelben überflüßig ſey. Dahingegen muß man es faſt von allen Schriftſtellern über die Minirkunſt, auch denen, die nach 1756 geſchrieben haben, beklagen, daß ſie die unzulänglichen alten Theorien vorgetragen haben. Selbiges gilt, wie bereits oben geſagt, auch vom

Eſſai ſur les Mines par Mſr. le Febvre, Major au Corps des Ingenieurs de Pruſſe, et Membre ordinaire de l'Academie des Sciences de Berlin. Breslau 1774. gr. 4. 15 Bogen, 5 Kupfertafeln. Er iſt ſchon zu Meiß 1764 auf Koſten des Verfaſſers heraus gekommen, und die angezeigte Ausgabe

gabe ist keine neue Auflage; der Buchhändler Meyer in Breslau hat vielmehr nur das Titelblatt umdrucken lassen, da er dieß Werk nebst mehrern nach dem Tode des Verfassers in seinen Verlag bekommen. Die Anmerkung des Herrn Prof. Scheibels von der Seltenheit der le Febvreschen Schriften fällt also hierdurch weg: vorhin waren sie es aber wirklich, so wie die mehrsten Bücher, die nicht in die Hände der Buchhändler kommen.

In diesem vortreflichem Werke handelt der berühmte Herr Verfasser hauptsächlich 1) von den Gegenminen nach Valiers Art. S. 11—28. 2) Von der Anlegung der Minen überhaupt. S. 29—45. 3) Von einer neuen und eigenen Art von Gegenminen. S. 46 — 63. 4) von den Angrifsminen der Belagerer. S. 64—83. 5) Und insbesondere dem Globe de Compression. S. 84—103. 6) Von der Minenladung, oder Minentheorie. S. 104 — 111.; und nebenher noch von einigen andern Materien, die zwar nicht weniger wichtig für die Minirkunst sind, hier aber nicht alle angezeigt werden können. Es ist wohl ausgemacht gewiß, daß diese Schrift das Vortreflichste enthält, was jemals über die Minirkunst geschrieben ist, allein ich besorge gar nicht, den Verdiensten des Verfassers zu nahe zu treten, wenn ich das

Theoretische darinn für höchst elend erkläre: denn so wird es ein jeder finden, der etwas in dieser Wissenschaft gelesen hat. Dieß ist um so viel mehr zu beklagen, da le Febvre grade der Mann war, der den Verlust der Belidorschen Schriften über die Minirkunst ersetzen konnte, welches aber bey einer so mangelhaften Theorie in allen Theilen nicht wohl möglich war.

§. 11.

Wenn also le Febvre nur allein in der Minentheorie zurück bleibt, so thut es der

Nouveau traité des Mines et des Contremines, par Msr. Prudhomme, ancien Officier. Paris 1770. gr. 8. 10 Bogen, 5 Kupfertafeln,

dahingegen in allen Stücken. Ich weis nicht, was der Verfasser einer Kritik über dieses Buch, die in demselbigen Jahre dem Herrn Obersten v. Nicolai zufolge im Haag erschienen seyn soll, dawider einzuwenden gehabt haben kann, da überall kein eigner Gedanke darinn enthalten ist; wenn man nicht das Vorgeben, daß der Trichter ein abgekürzter Kegel sey, dafür annehmen will. Es ist auch dieß noch zu bemerken, daß die Kupfer, die zuweilen bey der Art Schriften das einzigste gute sind, hier äußerst schlecht sind.

§. 12.

Dieß Verdienst hat wenigstens folgendes Buch:

Principes fondamentaux de la Construction des Places, avec des reflexions propres à demontre les perfections et imperfections de celles qui sont construites; un nouveau Systeme de Fortification sur toute espèce de ligne; et une nouvelle Théorie des Mines. Londres (Paris) 1775. 8. 296 Seiten 7 Kupfert.

wovon ein Vicomte Flavigny der Verfasser seyn soll, und worinn die Fortification, nach drey neuern italiänischen Schriftstellern dem Antoni, Rhana und Bossolino, aus dem rechten Gesichtspunkte vorgetragen ist. Allein die Minirkunst, welche den dritten Theil dieser Schrift ausmacht, S. 237 bis 296, ist so wenig neu, daß ich nichts mehr davon sagen darf, als daß der Belidorschen Bemühungen darinn mit keiner Sylbe gedacht wird, um dem auf eine ganz neue Minentheorie begierigen Leser zu sagen, wie alt sie sey.

§. 13.

Eben so weit sind auch alle Schriftsteller, die die Minirkunst zugleich mit der Artillerie abgehandelt haben, zurück. Villeneuve's Artillerie,

die den 6ten bis 8ten Band seines Cours de la Science militaire ausmacht, und le Blonds, die in dem ersten Bande der Elémens de la Guerre des Sièges befindlich, fallen beyde vor der Zeit, da Belidor seine Theorie bekannt gemacht hatte, und sind also in so weit zu entschuldigen. Allein bey der neuen ganz umgearbeiteten und sehr vermehrten Ausgabe der letzteren

L'Artillerie raisonnée, par Msr. le Blond. Paris 1761. groß 8. 579 Seiten, 30 Kupfertafeln,

wo er S. 297 bis 375. von den Minen handelt, hätte Belidors Theorie besser benutzt werden können. Er trägt zwar in einem Abschnitte dieses weitläuftigen Kapitels: Nouvelles Observations et experiences pour perfectionner le calcul des mines betitelt, Belidors erstere Theorie aus dessen Lehrbegrif der Mathematik vor, bringt das Historische von desselben neuen Minentheorie bey, wundert sich über die Widersprüche zwischen den Tournaischen und la Fereschen Versuchen, und klagt mit du Lacq und Bigot de Morogues sehr darüber, daß die Minirer noch immer sich an die ersteren halten, und sich stellen, als wenn die andern gar nicht da wären. Allein anstatt die neue Minentheorie vorzutragen, läßt er es hierbey bewenden, vertröstet den Leser auf die zu erwartenden Belidorschen Schriften über die Minirkunst

nirkunst, und verweist sie bis dahin, an die theoretische Minirerschule zu Verdun, wo selbige gelehrt werde.

§. 14.

Auch Struensee hat in seine Anfangsgründe der Artillerie, die 1760 zuerst herauskamen, die vier Jahre zuvor bekannt gemachte Belidorsche neue Theorie noch nicht mit aufgenommen, sondern es bey eben desselben schon seit 1757 widerrufenen Theorie bewenden lassen. Indessen hat er wohl daran gethan, selbige in dem dritten Bande seiner Kriegsbaukunst §. 249 — 258. nachzuholen; wobey nur zu bedauern ist, daß wegen der Kürze hin und wieder, insbesondere §. 253, sehr dunkle Stellen vorkommen, und daß er die Anwendung dieser Theorie, §. 258, auf einen la Fereschen Versuch gründet, dessen Wirklichkeit erst zu erweisen wäre. Jedoch ist hiermit zur Ausbreitung der wahren Minentheorie schon weit mehr geschehen, als irgend ein Landsmann des Herrn Belidor gethan hat; die, wie es scheint, aus Furcht vor einer gewissen Kabale ihm bisher haben keine Gerechtigkeit widerfahren lassen dürfen, wovon man die neuesten Beweise in dem obgedachtem Flavigny und in Trincanos Fortification Seite 62 verglichen mit Seite 396. findet.

§. 15.

§. 15.

Dieß sind denn, wo nicht alle, so doch die vornehmsten Schriften über die Theorie der Minirkunst. Wenn man die Belidorsche als eine auf Erfahrung gegründete Theorie annimmt, so läßt sich durch einige Erweiterungen derselben, die ich gehörigen Orts beyzubringen gesucht habe, schon vieles für die Ausübung Brauchbares daraus herleiten. Inzwischen muß man gestehen, daß noch immer etwas zurück bleibt, das auch nicht anders, als durch Versuche entschieden werden kann, und das man hoffentlich auch einmal dadurch entschieden sehen wird, da nunmehr die Punkte, worauf es eigentlich ankömmt, sorgfältig auseinander gesetzt sind.

§. 16.

Das **Praktische** der Minirkunst besteht hauptsächlich in der Anlegung der Minen überhaupt und der Vertheilung derselben zur Vertheidigung und zum Angriffe der Festungen. Die schriftlichen Anweisungen zu dem ersteren sind alle ziemlich unvollkommen, und das vorhandene paßt sich mehr auf die Zeiten, worinn es geschrieben ist, als auf die gegenwärtigen. Selbiges besteht, so weit es mir bekannt ist, in folgendem:

Neu entdeckte practikable Minirkunst über einen Haufen zu stürzen starke Mauern, Wäll' und Pasteyen, um denen dazu bestimmten Truppen einen Weg zu bahnen, in mächtige Festungen zu gelangen, selbige zu überwältigen. Nürnberg 1686. 8. 92 Seiten, 4 Kupfertafeln.

Dieß ist die schon oben gedachte Schrift des Baron Borgsdorfs, welche er, wie er selbst in der Vorrede sagt, auf Veranlassung des alten experimentirten Minirers, Johann Jacob Hefners, der Wienerischen Stadt-Guardihauptmanns, verfasset hat. Er handelt darinn in dem ersten Kapitel von den Mitteln, den Minirer sicher an gehörigen Ort zu bringen, wobey er denn die zu seiner Zeit gewöhnliche Art des Angrifs der Festungen der Länge nach beschreibt, und in dem zweyten Kapitel von der Zubereitung der Minen selbst. Da er sich überzeugt hielt, daß die ganze Kunst des Minirens in der Handarbeit bestehe, so wird man auch diese nur in seiner Anweisung suchen müssen. Er fängt damit an, die Werkzeuge des Minirers zu beschreiben, und endiget mit dem Anzünden der Minen: versäumt aber doch hierbey nicht den Minirer zu belehren, wie er sich bey gewissen bestimmten Absichten beym Minenbau zu verhalten habe, um diese nicht zu verfehlen.

§. 17.

§. 17.

Nach Borgsdorfs practischer Minirkunst kömmt der Zeitordnung zufolge die Vaubanische zu stehen. Alles, was zu damaliger Zeit bey Anlegung der Minen in dem Angrif der Festungen im Gebrauch war, findet man in dessen Kunst Festungen, anzugreifen, beysammen. Und es ist zu bedauern, daß selbiges theils durch die itzige Beschaffenheit der Belagerungskunst überflüßig geworden, theils gegenwärtig unzulänglich ist. In Belidors Oeuvres diverses findet sich ein

Traité des Mines et Contremines, en III. Parties,

wovon der erste nichts, als ein Auszug aus demjenigen ist, was Vauban in dieser Materie geschrieben, und also genugsam weiset, wie viel Hochachtung Belidor auch in diesem Stücke für Vauban geheget. Indessen gesteht er doch, daß dieß auch damals schon unzulänglich sey, und fügt deswegen im zweyten Theil das Neuere bey.

§. 18.

Das Allerneueste von der Anlegung der Minen, enthält le Febvres Essai sur les Mines, S. 29—45. Wenn man hiermit das in den so eben genannten Schriften noch rückständige Brauchbare

bare verbindet, und in einigen andern Schriften, worunter das

Journal du Camp de Compiegne de 1739, augmenté des Epreuves des Mines faites en présence du Roi, par Msrs. de Turmel et Antoniazzi, Capitaines des Mineurs, redigé par le Rouge. Par. 1761. 8. 62 S. 36 K.

vorzüglich genannt zu werden verdient, eine Nachlese hält, so wird man das, was sich von dieser bloß practischen Materie schriftlich sagen läßt, fast alles beysamen haben.

§. 19.

Wenn also diese erste Hälfte der praktischen Minirkunst, nämlich der Minenbau, nicht mit so vielem Fleiße von den Schriftstellern bearbeitet worden ist, so liegt die Ursache darinn, daß die Sache so sehr Handarbeit ist, daß dem Schriftsteller nur allgemeine Vorschriften übrig bleiben. Die zweyte Hälfte, die Vertheilung der Minen bey dem Angriffe und der Vertheidigung der Festungen, öfnet ihm dahingegen eine bessere Bahn, worauf sich auch verschiedene sehr glücklich hervorgethan haben.

§. 20.

Die Contreminen haben ein sehr hohes Alter, wie ich aus dem Guicciardini erwiesen habe, indem sie fast mit den Minen zugleich erfunden wurden. Man bediente sich ihrer schon zu den Zeiten, da die Festungswerke nach spanischer oder italienischer Art ganz von Mauerwerk aufgeführt wurden, wobey der Hohlbau immer am leichtesten anzuwenden war. Da die holländische Befesti-

gungsart aufkam, geriethen sie ganz in Vergessenheit. In Holland selbst waren sie wohl des daselbst fast allgemeinen hohen Wasserhorizonts halber nicht anzubringen, und außer Holland, wo diese Befestigungsart so allgemein wurde, daß man sie noch itzt an allen alten Festungen sieht, hielt man sie vielleicht bey bloßen Erdwerken für unanwendbar, wenn gleich der niedrige Wasserhorizont ihr Daseyn forderte. Zu Vaubans und Coehorns Zeit fieng man an, ihren Nutzen wieder einzusehen, und sie bey den Festungen, die damals neu erbaut wurden, wieder anzubringen, worunter die Gegenminen der Citadelle von Tournai, die kurz nach 1680 von Megrigny angelegt, und 1745 wieder zerstört wurden, insbesondere so berühmt gewesen sind, daß fast alle, die von den Minen geschrieben haben, sie gradezu als Muster angenommen, und ihre Regeln davon abgezogen haben.

§. 21.

Valiere mußte also nothwendig Aufsehen erregen, da er in der (§. 5.) genannten Abhandlung wies, wie man mehrere Minenöfen übereinander anlegen könne, um die Logements des Feindes, zwey, drey und mehrmal nach einander wegzusprengen. Ohne zu untersuchen, ob Belagerer unter Anführung eines europäischen Ingenieurs dieß geschehen lassen werden, oder ob die zu den Minenöfen in verschiedener Tiefe anzulegenden Gänge nicht so kostbar fallen würden, daß der noch ungewisse Nutzen davon selbige nicht werth wäre, haben doch die mehrsten Schriftsteller nach ihm ihn nur blindlings abgeschrie-

schrieben, und diese Vertheilung als die höchste Vollkommenheit der Gegenminirkunst ausgegeben.

§. 22.

Dieser Aufsatz von Valiere wurde nebst einigen andern verflogenen kleinen Aufsätzen unter folgendem vielversprechenden Titel nochmals bekannt gemacht:

Nouveau Systeme sur la manière de défendre les places par le moyen des Contremines, tiré des Mémoires de Msr. de Valiere et de l'Orme. Francof. sur le Mayn. 1744. 4.

Der unverschämteste Lobredner dieser Methode, so wie des Hohlbaus überhaupt, wurde aber ein gewisser d'Azin, dessen Schrift der Pater Costel zum Druck beförderte.

Nouveau Systeme sur la manière de défendre les places par le moyen des Contremines. Ouvrage posthume de Msr. D***. Paris 1731. 12.

und eben der großsprecherische Ton herrscht fast in allen französischen Schriften über diese Materie zu der Zeit.

§. 23.

Bis endlich le Febvre (§. 10.) die Schwierigkeiten und die fast gänzliche Unmöglichkeit dieses Systems aufdeckte. Er bringt dafür ein anderes weniger künstliches aber brauchbares in Vorschlag, und versäumt nicht, die Möglichkeit desselben in der Anlegung zu zeigen. Struensee hat dieß in dem dritten Theil seiner Kriegsbaukunst sehr gut aus einander gesetzt.

§. 24.

Vermuthlich noch eher, als le Febvres Manier, die Gegenminen anzulegen, in Frankreich bekannt geworden, ist eine neue Art, sie zu vertheilen, unter dem Titel:

Traité de la défense des places par les Contremines. Paris 1769. 8.

daselbst bekannt gemacht, welche dem jüngern Valiere zugeschrieben wird, und zu verschiedenen Streitschriften Anlaß gegeben hat. S. Nicolai. S. 176. 177.

§. 25.

Was wir über diese Materie von Belidor haben, besteht in folgendem: In der (§. 17.) angezeigten Abhandlung handelt der dritte Theil (der deutschen Uebersetzung in den vermischten Schriften S. 154–173.) von den Gegenminen, worinn aber nur das allgemeinste davon vorkömmt.

Seine Art, die Gegenminen unter den Hauptwerken und dem Glacis zu vertheilen, hat le Blond in seine Artillerie raisonnée, Seite 369–373. mit dessen Erlaubniß unter dem Titel:

Mémoire de Msr. Belidor, sur les Mines à plusieurs etages,

eingerückt, und also der Gefangenschaft, worinn die übrigen Schriften von ihm über diese Materie nach seinem Tode gerathen sind, entrissen.

Eben desselben Methode, die feindlichen Batterien auf dem Glacis dergestalt zu sprengen, daß die Kanonen davon gegen die Festung zu geworfen werden, findet man, von ihm selbst beschrieben, seiner neuen Minentheorie angehängt, unter dem Titel:

An-

Anwendung auf die Vertheidigung der Plätze. Seite 358 - 364 der deutschen Uebersetzung in den vermischten Schriften.

Die davon vorhandenen Abschriften haben den Titel: Discours sur le nouveau projet de Mine, de Msr. de Belidor, executé à l'Ecole de la Fere, le 27. Sept. 1739 und ist datirt la Fere den 20sten Januar 1740. Die Erzählung des Versuchs darinn ist zuverläßiger, als in den vermischten Schriften.

Eine ganz neue Art endlich, die Gegenminen so zu vertheilen, daß der Feind dadurch so lange als möglich von dem Fuße des Glacis abgehalten werde, wo der Nutzen der gemeinen Gegenminen sonst erst anfängt, hat er in seinem

Traité de la Guerre souterrainé relativement aux Operations faites à decouvert dans la défense des Places par les Mines et l'Artillerie, fondé sur un grand nombre d'Experiences,

entworfen, der aber nimmer öffentlich bekannt gemacht ist. Da ich den Theil, worinn selbige befindlich, in einer Abschrift besitze, so werde ich das Wesentliche davon gehörigen Orts beyzubringen nicht unterlassen.

§. 26.

Und dieß sind meines Wissens alle die Schriftsteller, die in besondern Abhandlungen was Eignes über die Gegenminen geschrieben haben. Eins und anderes trift man noch wohl in guten Abhandlungen der Fortification an, als z. B. im Stählswärd, Flavigny und einigen andern. Allein eine Vertheilung der-

selben, die sich auf die Belidorsche Minentheorie, in ihrer ganzen Ausdehnung gründet, haben wir noch nicht, und dennoch wird sich durch diese allein der unterirdische Krieg zur Vollkommenheit bringen lassen.

§. 27.

Der Angrif einer Festung mit Minen findet eigentlich nur dann statt, wenn selbige mit Gegenminen versehen ist, und wird hauptsächlich bey Eroberung des bedeckten Weges angewandt. Vor Zeiten kannte man nur zwey Arten, selbigen zu erobern, nämlich entweder durch Sturm oder durch Sappiren, wozu itzt also die durch das Miniren hinzukömmt.

§. 28.

Der Grund dieser ganzen Methode liegt überhaupt in der Belidorschen Minentheorie und insbesondere in dessen Globe de Compression. Durch denselben, als einer, nach dem Redegebrauch der alten Minirer, stark überladenen Mine, erhält man entweder eine Vernichtung der Contreminen, oder wenigstens doch eine so starke Zerrüttung der festen Erde (terre vierge), daß die Minen, die etwa von feindlicher Seite gesprengt werden möchten, ganz ohne Wirkung bleiben. Das Verfahren hierbey beschreibt Belidor in der seiner Minentheorie angehängten

Relation des Epreuves ſur des Mines'à Biſy par Ordre du Roi, dans le mois de Juin 1753, avec l'uſage qu'on en peut faire pour l'attaque des Places,

welche S. 364 — 387. der deutschen Uebersetzung derselben in den vermischten Schriften zu lesen ist.

Die

Die Hauptsache hierinn ist, wie man sieht, die Erzählung eines Versuchs, der eigentlich zur Bestätigung der wahren Minentheorie gehört, und wovon ich deswegen auch in dem theoretischen Theil bereits Gebrauch gemacht habe. Indessen hat Belidor sich doch darinn ziemlich umständlich über die Anlegung einer solchen Mine erklärt, und eine besondere Regel zur Ladung derselben ertheilt, die aber seiner Theorie ganz widerspricht, und für nichts weniger, als allgemein geltend angesehen werden muß.

§. 29.

Wenn die Vorbereitung zur Eroberung des bedeckten Weges dergestalt durch die Druckkugel gemacht ist, so giebt es zwey Arten, selbige fortzusetzen. Die erste und sicherste ist die, daß man von dem Trichter der Druckkugel aus, die Minengänge der Festung zu entdecken sucht, die Decke derselben wegsprengt, und so die von den Vertheidigern errichteten Gänge in Laufgraben oder Sappen für die Belagerer verwandelt. Belidor beschreibt diese seine Erfindung in dem so eben genannten Aufsatze.

§. 30.

Die zweyte Methode, diese Art des Angrifs fortzusetzen, setzt zum voraus, daß der Boden rund um die Druckkugel genug erschüttert worden, um von den feindlichen Minen nichts mehr befürchten zu dürfen. Nachdem man sich also in dem Trichter gehörig verschanzt hat, legt man weiter vorwärts eine neue Mine an, die theils die weiter hingelegenen feindlichen Gänge beschädigen,

theils

theils ein neues Logement verschaffen wird, und setzt diese Arbeit so lange fort, bis man auf dem Kamm des Glacis angelangt ist. Le Febvre beschreibt diese Methode in seinem Versuch in dem Absatz, der die Ueberschrift hat:

Manière de marcher sur une Capitale contreminée. S. 64 — 78.

§. 31.

Dieß sind, meines Wissens, alle die Materialien, die für eine Minirkunst vorhanden sind. Ich habe das Magazin der historischen Artillerie der Franzosen, den St. Remy, und den Engländer, Mannigham, der, so viel man aus dem Titel abnehmen kann, ihn abgeschrieben hat, nicht genannt, da man weder in Absicht auf die Theorie noch auf die Ausübung etwas Eignes in dem ersten findet, und in dem letzten, den ich nicht gesehen habe, also wohl eben so wenig. Sollte ich übrigens, insbesondere in Absicht auf den practischen Theil, einige Schriftsteller, die was erhebliches lehren, übergangen haben, so bitte ich meine Leser, und Recensenten, um eine Anzeige derselben, die ich mit Dank erkennen werde. Sollten sich endlich Männer finden, die im Besitz gewisser ungedruckter Aufsätze über die Minirkunst wären, es möchten selbige entweder in eignen Erfahrungen oder in Aufsätzen anderer Verfasser bestehen, so würden sie sich um die Wissenschaft mehr als um mich verdient machen, wenn sie selbige mir zum Gebrauch mittheilen wollten.

Bayerische Staatsbibliothek München

H
K
L
N
A
C

2

tl
se
F
sc
A

ri
S
de
de
S
ge
ri
en
se
üb
sc
li
Le
be
te
w
w
fa
st
m
bi

Bayeri...
Staat...

C
G
F
H
A
A
X
G
C

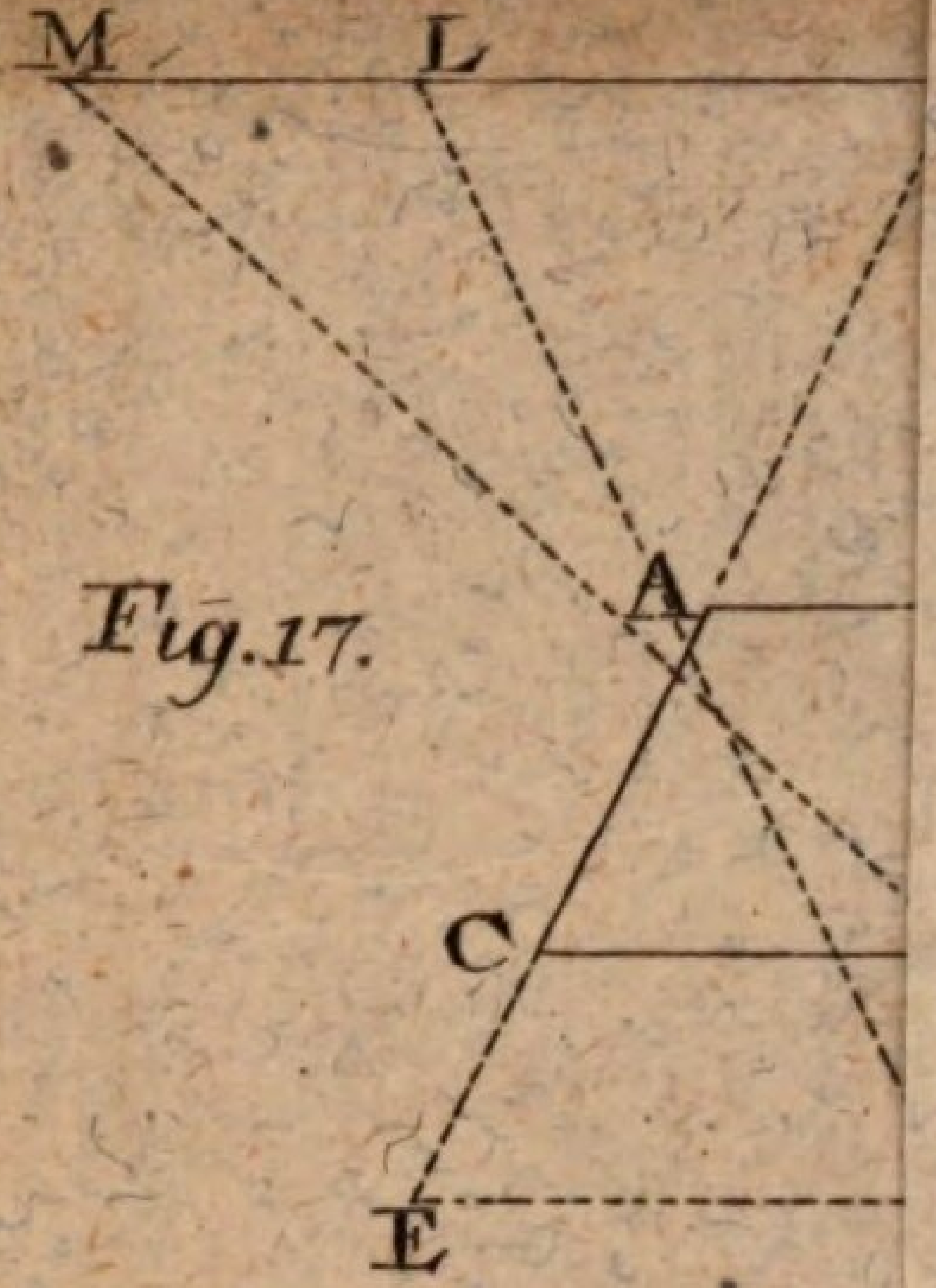


Fig. 17.

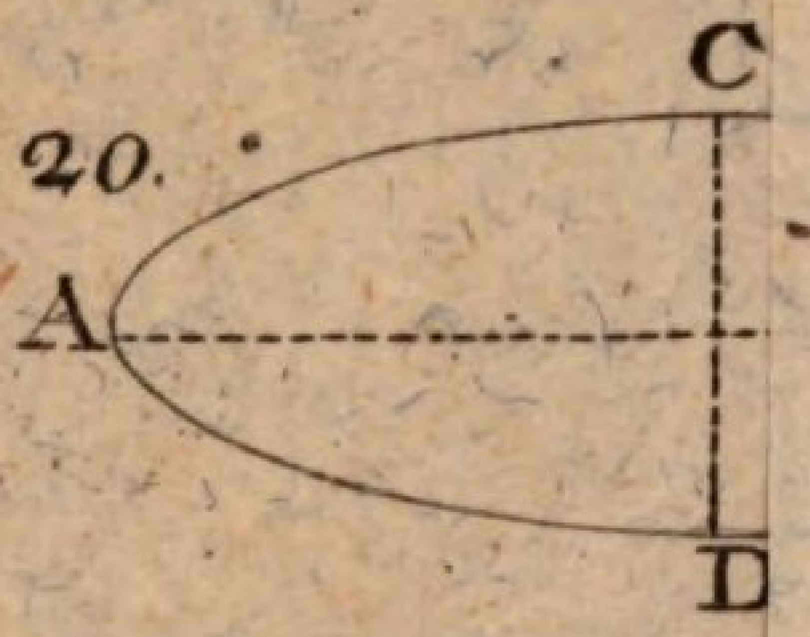
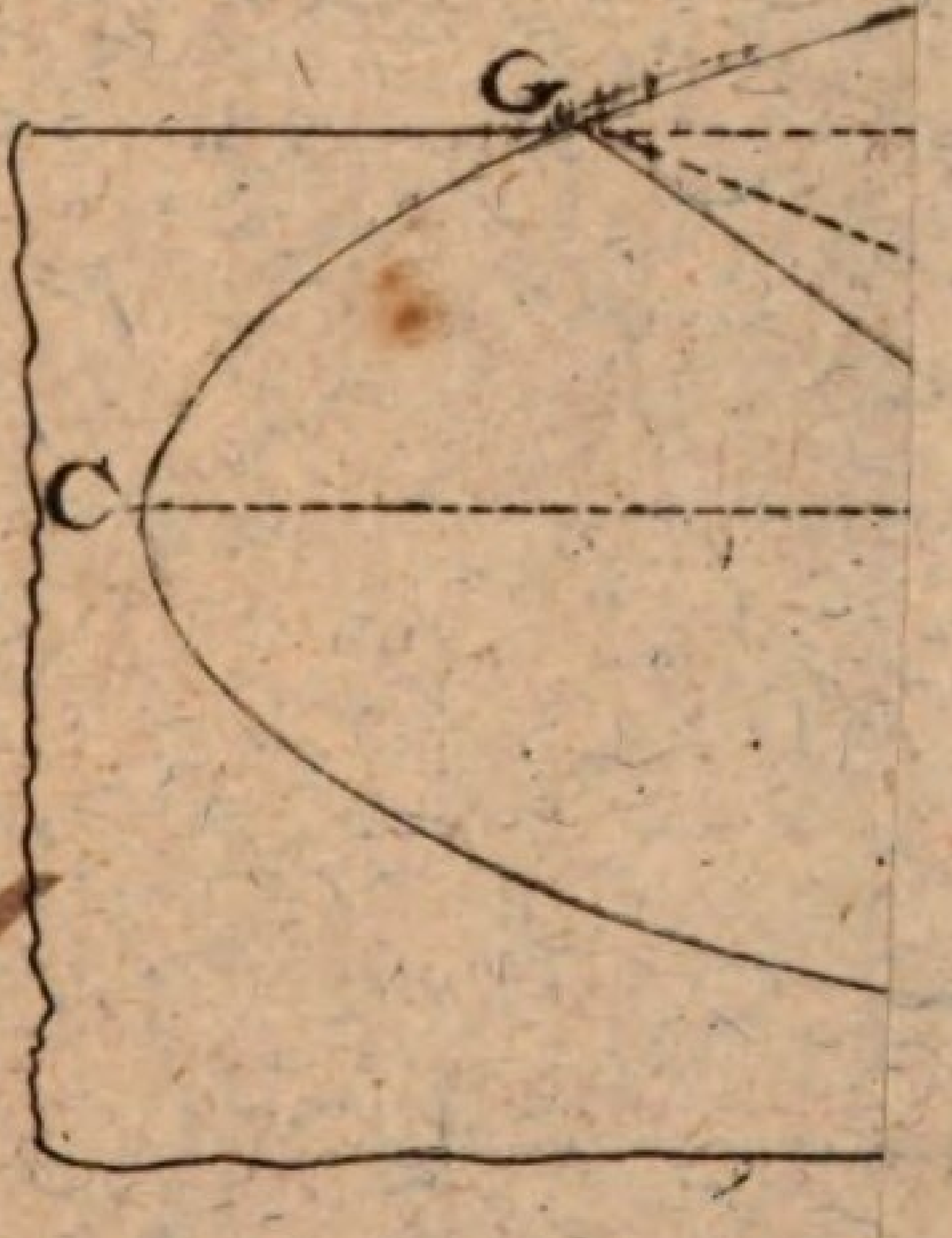


Fig. 20.



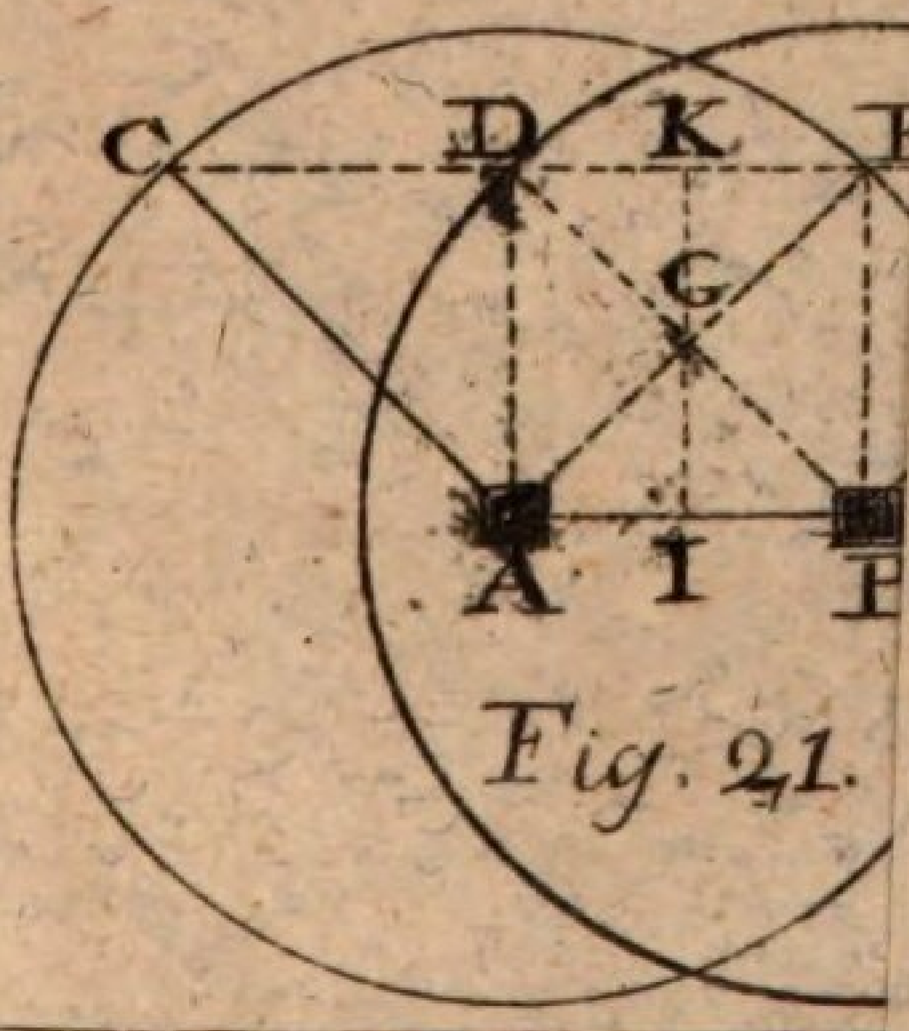


Fig. 21.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Geuss, Joachim M.

Ausfuehrliche Abhandlung der Minirkunst

Kopenhagen 1776

Sc.mil. 43 aq
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10784548-1
VD18 14554119-001